

SISTEM AKUISISI DATA DAN KONTROL pH DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC NLX220 PADA PABRIK GULA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

ENDAH S. NINGRUM

NRP. 2293.100.133

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	19-7-2000
Terima Dari	14
No. Agenda Prp.	21.11.26

RSE

629.89

Nin

3-1

1999



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999



**SISTEM AKUISISI DATA DAN KONTROL pH
DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC NLX220
PADA PABRIK GULA**

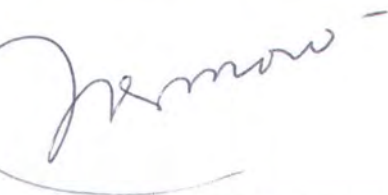
TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
S u r a b a y a**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. MURDI ASMOROADJI

NIP. 130 532 014

Dosen Pembimbing II



Ir. TASRIPAN, M.T.

NIP. 131 918 685

**S U R A B A Y A
Februari, 1999**

Abstrak

Dalam Tugas Akhir ini dibuat suatu prototipe alat pengontrol pH atau derajat keasaman cairan nira pada pabrik gula dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller NLX220. Pengontrolan dilakukan dengan mengukur dan membaca data-data parameter dari sensor dan nilai setting setiap saat secara kontinyu. Data-data tersebut yang berupa nilai pH, temperature, volume dan setting dari nilai pH yang diharapkan kemudian diolah dengan rule-rule oleh prosessor Fuzzy untuk menentukan besarnya nilai titrasi yang diperlukan sehingga mencapai nilai setting yang diharapkan.

Dengan prototipe alat ini dapat dilakukan pemantauan nilai pH, nilai setting pH, dan temperature dari cairan nira. Serta dapat dilakukan pengontrolan derajat keasaman dari cairan nira dengan cepat dan akurat, yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktifitas serta kualitas gula dari pabrik gula.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu yang telah ditentukan. Tugas akhir yang diambil berjudul :

SISTEM AKUISISI DATA DAN KONTROL pH DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC CONTROLLER NLX220 PADA PABRIK GULA

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih atas terselesaikannya tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Murdi Asmoroadji, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Tasripan M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah banyak memberikan bimbingan dan dorongan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Soetikno selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro FTI ITS, yang telah memberikan segala fasilitas serta bimbingannya.
4. Bapak Ir. Teguh Yuwono, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
5. Seluruh Staf Dosen Bidang Studi Elektronika dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
6. Suami tercinta, Husein atas segala dukungannya materi dan non materi serta do'a yang tiada putus-putusnya.

7. Ibu tersayang, Eyang Kung (Alm), Mak, Mbak Ais dan seluruh keluarga penulis atas segala bantuan, do'a dan dorongannya.
8. Teman-teman di Bidang Studi Elektronika terutama Mas Radyo, Lina, Andriawan dll yang telah banyak memberikan bantuan, sumbangan pemikiran serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan agar tugas akhir ini banyak berguna bagi perkembangan dan pengetahuan kita.

Surabaya, Februari 1999

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan	2
I.3 Pembatasan Masalah	2
I.4 Metodologi	3
I.5 Sistematika	4
 BAB II. TEORI PENUNJANG	 5
2.1 Pendahuluan Tentang Nira cair	5
2.2 Elektrokimia	8

4.2.4 Pendeteksi Ketinggian Cairan	58
4.2.5 Display Seven Segment	59
4.2.6 Driver Katub/Solenoida Valve	60
4.2.7 Driver Motor Pengaduk	62
4.2.8 Driver Motor Pengisi dan Penguras	62
4.2.9 Rangkaian Setting pH	63
4.3 Perencanaan Perangkat Lunak	64
4.3.1 Input dan Output	65
4.3.2 Membership Function	66
4.3.3 Variabel Fuzzy	68
4.3.4 Rules	70
BAB V. PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	72
5.1 Pengujian Alat	72
5.2 Kalibrasi dan Pengukuran	73
5.2.1 Suhu	73
5.2.2 pH	75
5.3 Pengujian Modul Fuzzy Logic Controller NLX220	78
5.4 Respon Fuzzy Logic Controller	79
BAB VI. PENUTUP	82
6.1. Kesimpulan	82
6.2. Saran-saran	83

DAFTAR PUSTAKA	84
----------------------	----

LAMPIRAN - LAMPIRAN

Lampiran 1 : Skema Pengkondisi Sinyal

Lampiran 2 : Skema Fuzzy Logic Controller Main Board

Lampiran 3 : Skema Rangkaian Driver

Lampiran 4 : Skema Rangkaian Display

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1. Bejana atau Devikator Penetralkan	6
2.2. Kurva Titrasi	11
2.3. Elektroda Gelas dan Calomel.....	13
2.4. Op-Amp Sebagai Pengikut Tegangan.....	14
2.5. Penguat Diferensial.....	15
2.6. Blok Diagram Dual Slope ADC.....	16
2.7. Grafik Output Integrator versus Waktu.....	18
2.8. Solenoidea Valve.....	20
2.9. Bagian-bagian Motor DC.....	22
3.1. Membership Boolean dan Fuzzy	23
3.2. Istilah-istilah dalam Fungsi Membership	24
3.3. Fungsi S	24
3.4. Fungsi π	25
3.5. Fungsi Segitiga	25
3.6. Tipikal Sistem Kontrol dengan Fuzzy Logic.....	26
3.7. Struktur Dasar Fuzzy Logic Control	27
3.8. Susunan Pin NLX220	31
3.9. Blok Diagram NLX220	35
3.10. Jenis Membership Function.....	37
3.11. Membership Function Kecepatan	38

3.12. Overlap Dua Membership Function.....	38
3.13. Fuzzyfikasi dari Temperatur Input	39
3.14. Floating Membership Function.....	40
3.15. Mode Immediate Defuzzyfikasi.....	45
3.16. Mode Accumulate Defuzzyfikasi.....	46
3.17. Timing Diagram.....	48
4.1. Blok Diagram Sistem.....	50
4.2. Modul NLX220.....	54
4.3. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Suhu.....	55
4.4. Rangkaian Pengkondisi Sinyal pH.....	57
4.5. Rangkaian Pengkondisi Sinyal pH untuk Input Fuzzy.....	58
4.6. Rangkaian Pendeteksi Ketinggian Cairan	59
4.7. Rangkaian Lengkap Display.....	60
4.8. Hubungan Tegangan Input Dengan Duty Cycle.....	61
4.9. Driver Katub Selenoida Valve.....	61
4.10. Driver Motor Pengaduk, Penguras dan Pengisi.....	62
4.11. Rangkaian Seting pH	64
4.12. Diagram Masukan Keluaran Pada NLX220.....	66
4.13. Membership Function Dari Timer	66
4.14 . Membership Function Dari Suhu	67
4.15. Membership Function Dari Selisih Tegangan.....	67
4.16. Membership Function dari Katub	68
5.1. Grafik Pengujian Respon Fuzzy Logic Controller Terhadap	

Masukan Asam	80
5.2. Grafik Pengujian Respon Fuzzy Logic Controller Terhadap	
Masukan Basa	81

DAFTAR TABEL

TABEL

2.1. Nilai pH dari beberapa Asam, Basa dan Garam	10
2.2. Pengaruh Suhu Pada pH Beberapa Larutan	11
3.1. Absolute Maximum Rating $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	33
3.2. Analog Conversion Specification	33
3.3. Specifications and Recommended Operation Conditions	34
3.4. Alokasi Memory NLX220	47
3.5. Command Byte / Alamat Genap	47
3.6. Select Byte / Alamat Ganjil	47
5.1. Pengukuran Suhu	74
5.2. Pengukuran Suhu untuk Kalibrasi Transduser	75
5.3. Pengukuran pH	76
5.4. Pengukuran pH untuk Kalibrasi Elektroda gelas	77
5.5. Time Response Sensor pH	77
5.6. Pengujian Respon Fuzzy Logic Terhadap Masukan Asam	79
5.7. Pengujian Respon Fuzzy Logic Terhadap Masukan Basa	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi dalam berbagai disiplin ilmu sangat cepat. Teknologi elektronika adalah salah satu disiplin ilmu yang berkembang pesat karena mempunyai keunggulan dalam hal kemudahan untuk diaplikasikan dalam bidang teknologi yang lain, sehingga proses-proses yang dulunya dikerjakan secara manual dapat dilakukan secara otomatis, akurat, dan efisien. Misalnya dalam teknologi industri pengolahan hasil pertanian. Salah satunya adalah industri gula yang merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang selama ini masih diimport oleh Indonesia dari luar negeri. Hal ini disebabkan karena sistem pengontrolan proses pada industri gula kita, khususnya pengontrolan pH masih menggunakan cara manual. Nilai pH nira pada proses pembuatan gula kristal sangat penting karena menentukan mutu dari gula yang akan dihasilkan.

Untuk itu diperlukan pengontrol pH nira pada pabrik gula agar sesuai pada nilai yang dikehendaki. Pengontrol secara manual kurang praktis dan kurang akurat. Sedangkan dengan pengaturan elektronika digital biasa mempunyai kelemahan karena kurang dapat menangani sistem non linier dengan baik.

Logika fuzzy yang ditemukan sejak pertengahan 1960-an oleh Profesor Lofti Zadeh, ternyata mampu menjawab ketidakmampuan teknologi digital dalam mengenali perubahan parameter yang tidak jelas. Dengan penelitian lanjutan dari

Bart Kosko dan lain-lain, teknologi fuzzy dikembangkan untuk penerapan kontrol. Sehingga menyebabkan munculnya alat-alat yang lebih handal, lebih luwes, dan lebih canggih daripada alat yang menggunakan teknologi digital konvensional.

Tugas akhir ini akan menerapkan teknologi logika fuzzy yang telah dibentuk dalam suatu komponen elektronika dan merancang suatu sistem akuisisi data dan kontrol pH dengan menggunakan teknologi fuzzy logic NLX220.

1.2. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mempelajari dan merancang suatu perangkat keras untuk sistem akuisisi dan pemrosesan data serta kontrol pH berdasarkan logika fuzzy dalam aplikasi dalam proses pengolahan nira cair pada pabrik gula. Data yang diproses selanjutnya akan ditampilkan secara langsung.

1.3. Pembatasan masalah

Tugas akhir ini akan dibatasi pada perancangan dan pembuatan sistem akuisisi data dan kontrol pH dari nira cair pada pabrik gula menggunakan teknologi logika fuzzy yaitu *fuzzy microcontroller chip* NLX220 beserta dengan penampilan data hasil pengolahan.

1.4. Metodologi

Penyelesaian tugas akhir ini dilakukan dengan metode/langkah-langkah sebagai berikut :

Penelitian di lapangan guna mencari data-data tentang pengontrolan pH serta cara kerjanya di Pabrik Gula KRIAN PT. PERKEBUNAN XXI-XXII dan Laboratorium Teknik Kimia ITS.

- Studi literatur mengenai pengertian pH, cara pengukuran dan pengontrolan, chip fuzzy NLX220 serta rangkaian elektronika yang mendukung.
- Perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak dari peralatan secara umum.
- Pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
- Pengujian dan pengkalibrasian peralatan yang dibuat serta pengukuran data dari hasil pemantauan peralatan.
- Setelah selesai maka seluruh langkah diatas disusun dalam suatu laporan tugas akhir.

1.5 Sistematika

Sistematika laporan tugas akhir ini terdiri dari 6 bab yang tersusun sebagai berikut :

BAB I berisi pendahuluan yang membahas latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi serta sistematika penulisan buku tugas akhir.

- BAB II** berisi penjelasan mengenai pengertian dan teori dasar pH pada pabrik gula, *transduser*, *analog to digital converter*, *operational amplifier* dan peralatan elektronik pendukung yang lain.
- BAB III** berisi teori dasar logika fuzzy dan *chip* tipe NLX220.
- BAB IV** berisi perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak yang menyangkut blok diagram dan cara kerja, diagram alur, serta prosedur-prosedur yang dipergunakan dalam perangkat lunak.
- BAB V** berisi pengukuran dan kalibrasi dari sensor yang digunakan dan keterbatasan dari sensor yang digunakan.
- BAB VI** berisi penutup yang terdiri dari kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan tugas akhir ini, serta sara-saran untuk pengembangan dan penerapan tugas akhir ini.

1.6 Relevansi

Diharapkan Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan kita tentang *Fuzzy Logic Controller* dan penerapannya. Serta pengaturan dan pemantauan nilai pH secara otomatis, sehingga dapat menunjang perkembangan industri pengolahan hasil pertanian kita.

"Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah kepadamu niscaya kamu tidak dapat menghitungnya" (QS 16:18)



BAB II

TEORI PENUNJANG

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Pendahuluan Tentang Nira Cair

Pada proses pembuatan gula kristal sebagai bahan baku yang digunakan adalah batang tebu yang selanjutnya diperas untuk diambil cairan ekstraknya yang berupa nira cair sebagai bahan dasar terbentuknya gula. Nira cair yang didapatkan selanjutnya akan diproses berulang-ulang (dimasak berulang-ulang) sampai didapatkan kekentalan tertentu yang siap untuk dicetak.

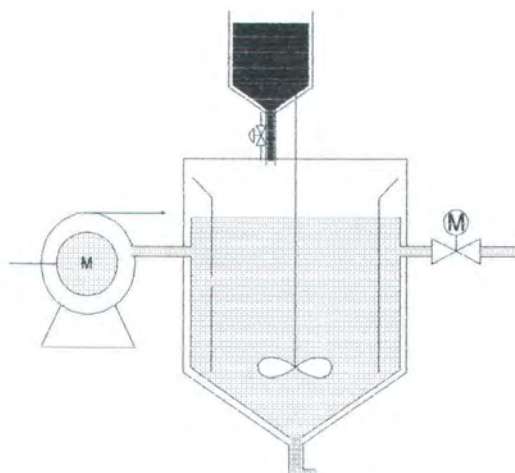
Namun nira yang akan diproses tersebut harus memenuhi standart tertentu untuk mendapatkan gula dengan mutu yang baik, diantaranya adalah memiliki kadar keasaman atau pH yang berkisar antara 6,8 - 7,4 berkisar pada keadaan netral¹. Untuk mempertahankan keadaan demikian amatlah sulit, karena proses dari mendapatkan tebu sampai nira cair yang siap diproses atau dimasak membutuhkan waktu yang relatif panjang. Sedangkan tebu atau nira merupakan senyawa organik yang selain mengandung asam-asam organik juga mengalami proses pembusukan oleh bakteri. Proses pembusukan atau aktifitas yang dilakukan bakteri tersebut memberi dampak peningkatan kadar keasaman dari bahan tersebut yang lebih dikenal dengan proses fermentasi.

¹ Fenny Indah K., Alin K., LAPORAN KERJA PRAKTEK DI PABRIK GULA KRIAN PT. PERKEBUNAN XXI – XXII, ITS, Surabaya, 1995, hal. 64.

Untuk mengatasinya selama ini masih digunakan cara konvensional yaitu dengan mempertahankan atau memperbaiki kadar keasaman dari nira sebelum diproses dengan cara memberikan larutan yang kompensasi kedalam nira yang akan dimasak. Larutan kompensasi tersebut biasanya berupa larutan basa (CaOH_2) yang memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

- Waktu kontak nira lebih cepat (karena berbentuk larutan) dan reaksinya lebih baik dari larutan basa lain (karena mudah larut dalam air).
- Mempunyai sifat alkalisasi dan netralisasi
- Tidak berbahaya untuk dikonsumsi manusia dan harganya murah.

Larutan ini akan menurunkan kadar keasaman dari nira (meningkatkan pH nira cair) sampai berkisar pada daerah netral, karena aktifitas yang dilakukan oleh bakteri biasanya menghasilkan asam tertentu. Proses ini dilaksanakan oleh Unit Defikasi seperti pada gambar berikut² :



Gambar 2.1 Bejana/Defikator Penetrasi

² Ibid., p. 64

Pemberian yang dilakukan adalah dengan cara mengambil sedikit sample dari wadah atau defikator nira pada pabrik, kemudian diukur dengan menggunakan pH meter selanjutnya dihitung berapa jumlah larutan basa (CaOH) yang harus ditambahkan baru kemudian dilakukan pengadukan hingga didapatkan nira netral yang siap dimasak. Aktifitas ini harus dilakukan sesering mungkin (biasanya setiap 15 menit) karena nira yang didapatkan dari hasil pengestrakan tebu sangat berbeda-beda kadar keasamannya, yaitu tergantung pada:

- Jenis tebu yang ditanam, yang berpengaruh pada umur kemasakan tanaman tebu yang optimal, termasuk ketahanan terhadap bakteri.
- Jenis/kondisi tanah pertanian untuk lahan tebu, tanah didataran pada ketinggian tertentu sangat baik kadar asamnya sedangkan pada dataran rendah atau rawa kadar asamnya sangat tinggi.
- Teknologi yang diterapkan pada penanaman, pemeliharaan, dan penebangan. Karena dengan penanganan yang kurang tepat akan mempercepat pengrusakan bahan oleh bakteri.

Nira cair yang terlalu tinggi kadar keasamannya atau rendah pHnya akan menyebabkan gula yang didapat berwarna kecoklatan. Hal ini disebabkan karena dengan pH yang terlalu rendah akan menyebabkan pecahnya sakarosa yang terkandung pada nira menjadi fruktosa dan glukosa, akibatnya nira cepat sekali masak atau mengkristal. Sedangkan nira cair yang terlalu rendah kadar keasamannya atau tinggi pHnya akan menyebabkan pecahnya gula menjadi gula

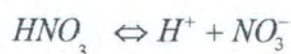
reduksi sehingga nira masak sulit mengkristal dan tidak dapat menghasilkan gula kristal tetapi semacam karamel gula.

2.2. Elektrokimia

2.2.1. Asam dan Basa

Supaya bisa memahami teknik elektrokimia pada analisis kimia maka diperlukan pengertian tentang bagaimana suatu zat terurai dan membentuk ion-ion.

Semua asam terurai bila ditambahkan air untuk memproduksi ion hidrogen dalam larutan³. Seperti misalnya pada asam nitrat



Keadaan dimana terjadinya peruraian bervariasi dari asam ke asam, dari satu larutan dengan larutan yang lain, dan peruraian meningkat seiring dengan kepekatan larutan.

Menurut teori ionik, karakteristik sifat dari asam tergantung pada ion-ion hidrogen yang diproduksi dalam larutan. Asam kuat memproduksi ion hidrogen dalam jumlah besar dan sebagai akibatnya menjadi konduktor yang baik.

Kekuatan suatu asam lemah ditunjukkan konstanta dielektrikum K yang didefinisikan sebagai:

$$K = \frac{[A^-] \cdot [H^+]}{[HA]}$$

³ Noltingk, BE, JONES' INSTRUMENT TECHNOLOGY VOLUME 2, (London, Butterworths, 1985), p. 105.

dimana $[A^-]$ adalah konsentrasi molar dari ion-ion asam. $[H^+]$ adalah konsentrasi dari ion hidrogen, sedangkan $[H.A]$ adalah konsentrasi dari asam yang belum terurai.

Untuk sifat basa dalam larutan dikenali dengan adanya ion-ion hidroksil (OH^-). Basa kuat akan menghasilkan ion hidroksil dalam konsentrasi yang besar, sedangkan kekuatan basa lemah diindikasikan dengan konstanta disosiasi K

$$K = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

dimana $[B^+]$ adalah konsentrasi dari ion alkalin, $[OH^-]$ adalah konsentrasi dari ion hidroksil dan $[BOH]$ konsentrasi basa yang belum terurai.

2.2.2. Konsep tentang pH

Karena range dari konsentrasi ion hidrogen sangat luas, maka diperlukan suatu cara yang memenuhi syarat untuk menspesifikasikan konsentrasi ion hidrogen atau ion hidroksil. Suatu metoda yang dikemukakan oleh S.P.L. Sorenson pada tahun 1909 merupakan konsep dari eksponen ion hidrogen atau pH yang didefinisikan sebagai⁴:

$$pH = -\log_{10}[H^+] = \log_{10} \frac{1}{[H^+]}$$

Dengan demikian pH adalah logaritma basis 10 dari konsentrasi ion hidrogen. Keuntungan dari penamaan ini adalah semua nilai asam dan basa dapat

⁴ Ibid., p.117

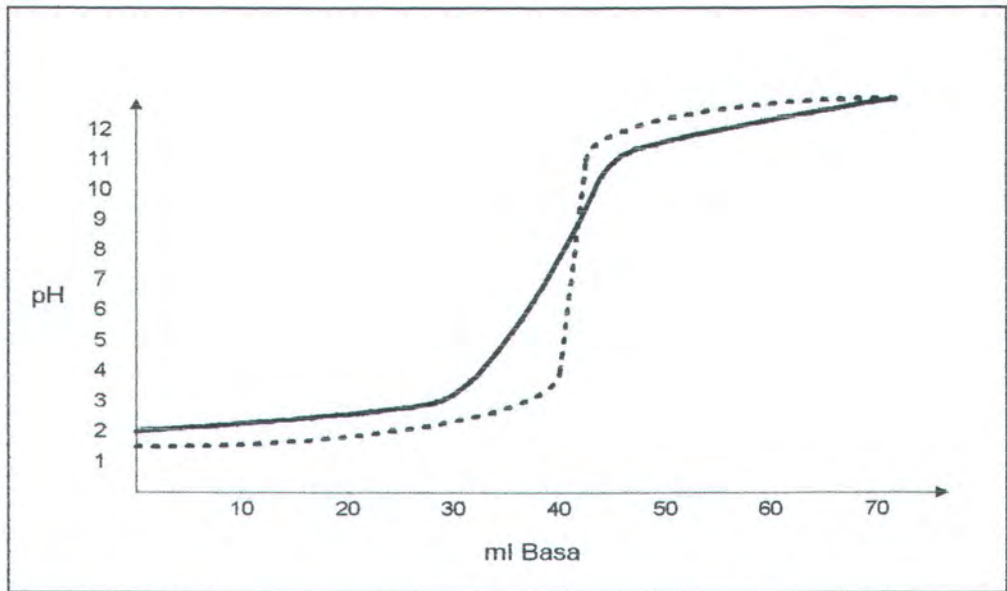
diekspresikan dalam suatu nilai positif antara 0 sampai dengan 14. Dengan cara ini suatu cairan netral akan mempunyai $\text{pH} = 7$, dan jika pH kurang dari 7 maka larutan tersebut adalah asam, jika lebih dari 7 maka larutan akan bersifat basa. Tabel 2.1 menunjukkan nilai pH dari beberapa asam, basa dan garam.

Tabel 2.1 Nilai pH dari beberapa asam, basa, dan garam

Senyawa	Molaritas	pH
Asam hidroklorik	0,1	1,1
Asam oksalat	0,1	1,3
Sodium fosfat, primer	0,1	4,5
Amonium oksalat	0,1	6,4
Potasium bikarbonat	0,1	8,2
Sodium fosfat, sekunder	0,1	9,2
Sodium Hidroksida	0,1	12,9

Namun konsentrasi atau molaritas dari suatu larutan asam atau basa sebenarnya tidak linier terhadap pH dari larutan yang bersangkutan. Hal ini disebabkan karena Bilangan Oksidasi dari masing-masing ion pembentuk larutan berbeda-beda. Sehingga terdapat adanya istilah larutan asam kuat, asam lemah, basa kuat, atau basa lemah. Contoh asam kuat adalah HCl , asam lemah adalah CH_3COOH , basa kuat adalah NaOH dan basa lemah adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Pengaruhnya akan terlihat pada saat titrasi larutan. Yaitu proses pengenceran suatu larutan pada pH yang bermacam-macam.



Gambar 2.2 Kurva Titrasi :

- Asam Kuat – Basa Kuat
- Asam Lemah – Basa Lemah

Selain itu pH suatu larutan juga dipengaruhi oleh suhu dari larutan yang bersangkutan. Dimana masing-masing larutan memiliki karakteristik masing-masing. Seperti yang terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.2⁵ Pengaruh Suhu pada pH Beberapa Larutan

Buffer pH 4		Buffer pH 7		Buffer pH 10	
C°	pH	C°	pH	C°	pH
0	4,01	0	7,12	0	10,33
15	4,00	15	7,04	15	10,11
30	4,01	30	6,99	30	9,95
45	4,04	45	6,97	45	9,85
60	4,09	60	6,98	60	9,77
80	4,16	80	7,00	80	9,69

⁵ -----, COLE-PALMER DATA PH BUFFER, Cole-Palmer, Canada, 1987.

2.3. Transduser pH

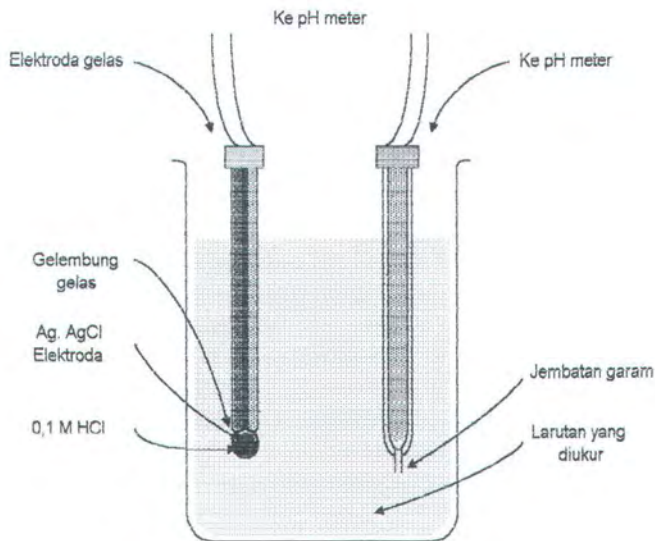
2.3.1. Elektroda Calomel (SCE)

Elektroda ini merupakan jenis elektroda referensi yang terbuat dari larutan yang telah dijenuhkan dengan calomel (merkuri clorida) dan potasium klorida serta ditempatkan di atas lapisan merkuri, seperti terlihat pada gambar 2.3. Elektroda ini digunakan bersama-sama dengan elektroda indikator, dimana dari kedua elektroda tersebut akan timbul perbedaan tegangan.

2.3.2. Elektroda Gelas

Elektroda gelas terdiri dari gelembung gelas yang sensitif terhadap pH pada ujungnya yang berisi larutan klorida yang diketahui pH-nya dan elektroda referensi, biasanya perak/perak klorida atau calomel. Bahan gelas terbuat dari komposisi gelas khusus, yaitu sebagian dihidrasi aluminium silikon yang mengandung ion sodium atau kalsium dan sebagian kecil ion lantanida.

Bagian dalam dari gelas akan kontak dengan larutan 0,1 M HCL dan bagian luar kontak dengan larutan yang diukur pH-nya. Pada setiap permukaan, membran gelas akan menyerap air dan membentuk lapisan gel. Ion hidrogen dari larutan dapat berdifusi melalui lapisan gel dan mangganti (pertukaran ion) ion sodium atau logam lain dalam struktur gelas. Hasil akhir dari proses difusi dan pertukaran ion adalah fase pengikatan tegangan pada kedua sisi membran gelas akan berubah, dimana besarnya ditentukan oleh aktifitas ion hidrogen dalam larutan yang diukur.



Gambar 2.3 Elektroda Gelas dan Calomel

2.4. Penguat Operasional

Nama *penguat operasional* telah diberikan kepada penguat gain-tinggi dulu, yang dirancang untuk melaksanakan tugas-tugas matematis seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Semuanya bekerja dengan tegangan tinggi sampai setinggi ± 300 Volt, namun masih sanggup untuk menyelesaikan berbagai perhitungan, seperti misalnya penyelesaian soal-soal kalkulus, yang tidak ekonomis untuk dilakukan sebelum penemuan penguat ini.

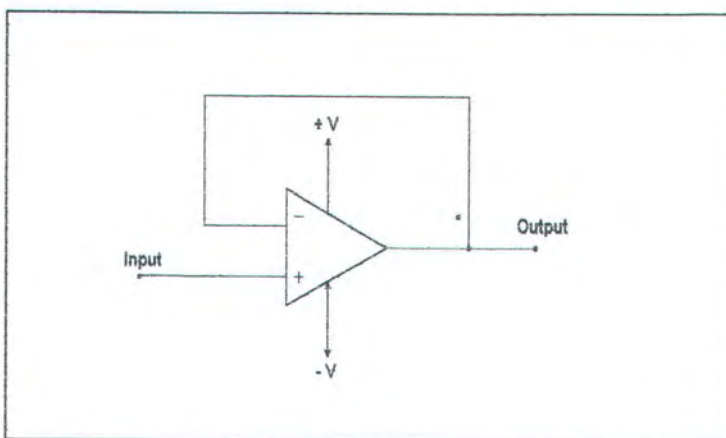
Salah satu penggunaan opamp yang paling penting adalah sebagai *penguat*. Penguat adalah suatu rangkaian yang menerima sebuah isyarat dimasukkannya dan mengeluarkan sebarang isyarat tak-beubah yang lebih besar di keluarannya. Ciri khas rangkaian penguat adalah adanya rangkaian umpan balik negatif.

2.4.1 Pengikut Tegangan

Rangkaian pada Gambar dibawah ini disebut *pengikut tegangan* atau juga disebut *pengikut sumber*, *penguat gain satu*, *penguat penyangga* atau *penguat isolasi*. Tegangan masukannya E_i , diterapkan langsung ke masukan (+)nya. Karena tegangan pin (+) dari opamp itu bisa dianggap 0 Volt, maka

$$V_o = E_i$$

Sehingga tegangan keluaran menyamai tegangan masukan baik besarnya maupun tandanya. Karena itu tegangan keluarannya *mengikuti* tegangan masukan atau sumbernya.



Gambar 2.4 Opamp sebagai pengikut tegangan

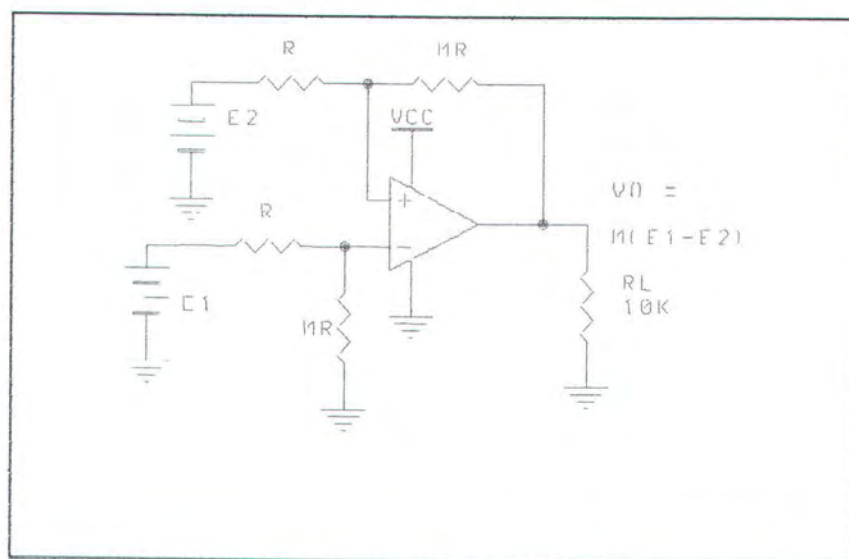
2.4.2. Penguat Diffrensial Dasar

Penguat diffrensial dapat mengukur maupun memperkuat isyarat-isyarat kecil yang terbenam dalam isyarat-isyarat yang jauh lebih besar. Jika E_1 diganti oleh sebuah hubungan singkat, E_2 menghadapi penguat pembalik dengan gain sebesar $-mE_2$. Sekarang dimisalkan E_2 dihubung singkatkan. E_1 akan terbagi

diantara R dan mR untuk menerapkan tegangan sebesar $E_1 m / (1 + m)$ pada masukan (+) opamp tersebut.

Tegangan yang terbagi ini menghadapi penguat -tak membalik dengan gain sebesar $(m + 1)$. Tegangan keluaran akibat E_1 adalah tegangan yang terbagi, $E_1 m / (1 + m)$, dikali gain penguat tak-membalik itu, $(1+m)$, yang memberikan $m E_1$. Karena itu, E_1 dan E_2 masing-masing ada dimasukkan (+) dan masukan (-), maka besarnya V_o adalah $E_1 m - E_2 m$, atau

$$V_o = m E_1 - m E_2 = m (E_1 - E_2)$$



Gambar 2.5 Penguat diffrensial

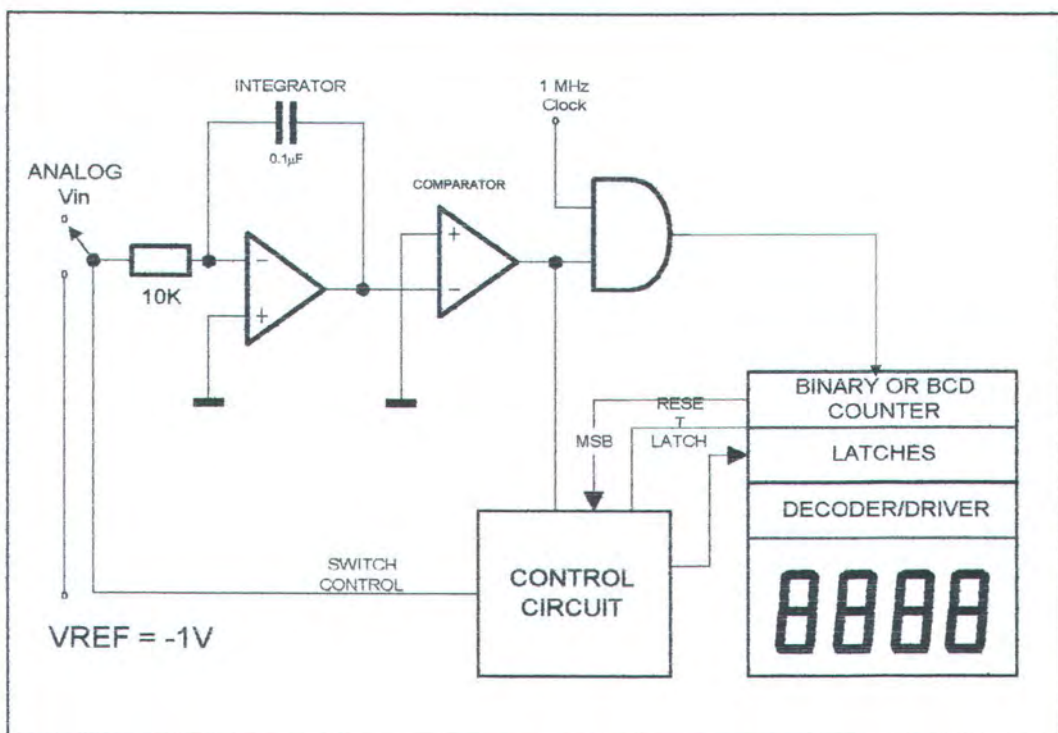
2.5. Dasar Konversi Sinyal

Data yang akan diolah mikrokontroler harus merupakan data digital yang merupakan kode biner yang terdiri dari kode '0' dan '1'. Sedangkan sinyal yang

akan diolah adalah merupakan sinyal analog (sinyal kontinyu), untuk itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengubah sinyal analog tersebut ke dalam sinyal digital.

Dual-Slope A/D Converter

Blok diagram dari rangkaian *Dual-Slope A/D Converter* sangat mirip dengan *Single-Slope A/D Converter* kecuali pada switch di bagian input, yang akan memilih tegangan input atau tegangan referensi untuk dihubungkan dengan *input comparator*, seperti tampak dalam gambar dibawah ini :

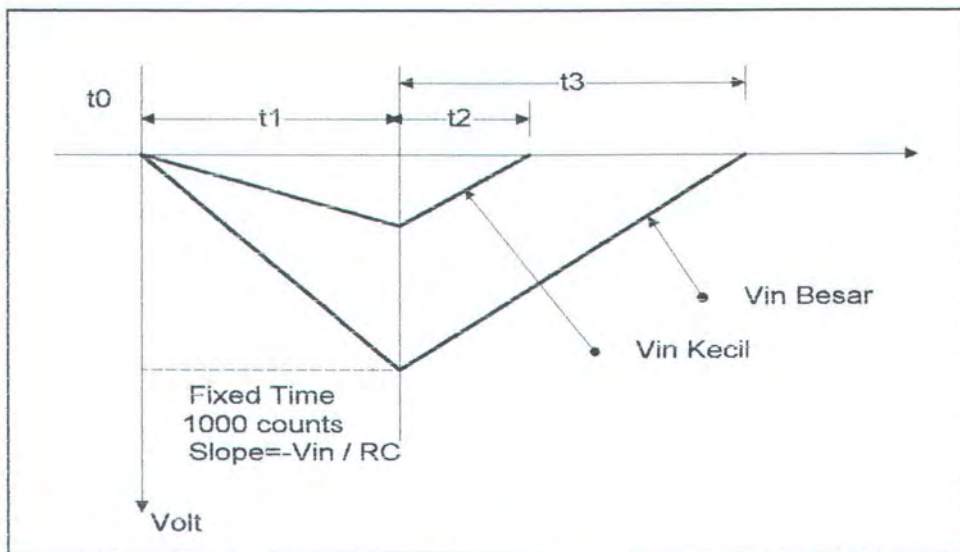


Gambar 2.6 Block diagram Dual Slope ADC

Bagian pertama dari rangkaian ini adalah *ramp generator*. Inverting input dari opamp ditahan/dijaga pada kondisi ground semu oleh opamp. Suatu tegangan, katakanlah, 2 Volt dikenakan pada input dari resistor 10 K yang akan

menyebabkan mengalirnya arus konstan sebesar 0.2 mA melalui resistor ke titik pertemuan antara ujung resistor yang lain dengan salah satu ujung kapasitor. Karena arus ini tidak dapat mengalir ke input opamp yang memiliki impedansi sangat tinggi, maka arus ini kemudian mengumpul pada plate dari kapasitor. Guna menjaga input opamp pada kondisi ground semu, maka opamp harus menarik arus yang besarnya sama dari plate kapasitor sisi lainnya. Selagi masa pengisian kapasitor, tegangan output pada opamp harus naik dan lebih negatif guna menjaga aliran arus supaya tetap konstan. Tegangan yang melintasi kapasitor selama pengisian oleh arus konstan adalah fungsi *ramp linear*. Jika tegangan input positif, output dari integrator ramp berpolaritas negatif, sebaliknya jika tegangan input negatif, output dari integrator ramp berpolaritas positif.

Kemiringan dari ramp dapat dihitung dengan mudah yakni dengan menggunakan hubungan dari $q = CV$ untuk kapasitor dan $q = It$. Jika kedua persamaan diatas digabung akan didapatkan bahwa $\delta V / \delta t = I / C$. Jika arus sama dengan V_{IN} / R akan didapatkan bahwa $\delta V / \delta t = V_{in} / RC$. Tampak pada persamaan terakhir bahwa kemiringan dari V_{IN} adalah tetap. Untuk nilai yang telah diberikan seperti tampak pada gambar dibawah ini bahwa input sama dengan + 2 Volt dan output slope adalah -2 V/ms.



Gambar 2.7 Grafik output Integrator versus waktu

Ketika output integrator mendorong inverting input dari komparator negatif, output kapasitor berguling menjadi positif dan mengaktifkan gerbang AND. Hal ini menyebabkan clock masuk ke counter. Output integrator dibuat menjadi ramp negatif untuk sejumlah hitungan tertentu. Hal ini ditunjukkan oleh gambar dibawah ini sebagai $t1$. Saat counter mencapai hitungan tertentu, rangkaian kontrol akan mereset counter ke 0 dan memindahkan input integrator ke tegangan referensi negatif. Tegangan input negatif akan menyebabkan output integrator x ditunjukkan $t2$ pada gambar tersebut. Ketika tegangan input integrator mencapai diatas 0 lagi, output komparator akan menjadi low. Rangkaian kontrol mendeteksi transisi ini dan memberikan sinyal strobe ke latches untuk me-latch keluaran counter. Selanjutnya rangkaian kontrol akan mereset counter ke posisi 0 dan memindahkan input integrator kembali ke tegangan input. Kemudian mulai lagi proses konversi berikutnya. Jumlah dari hitungan yang telah disimpan didalam latch adalah sebanding dengan tegangan input V_{IN} .

Output integrator pada kondisi waktu yang tetap $t1$ turun sampai pada suatu tegangan yang sama dengan $(V_{IN}/RC) * t1$. Untuk kembali ke 0, integrator harus menanjak naik sejumlah tegangan tertentu. Untuk periode integrasi referensi $t2$ tegangan V sama dengan $(V_{REF}/RC) * t2$. Kedua persamaan untuk V dapat dibuat persaman sebagai berikut :

$$\frac{V_{IN}}{RC} * t1 = \frac{V_{REF}}{RC} * t2$$

$$V_{IN} * t1 = V_{REF} * t2$$

$$t2 = V_{IN} * \frac{t1}{V_{REF}}$$

Karena RC muncul pada kedua sisi persamaan maka akan saling meniadakan. Arti praktis dari hal ini adalah bahwa R dan C tidak memiliki pengaruh pada akurasi pembacaan keluaran. Hal ini merupakan keuntungan besar jika dibandingkan dengan single ramp converter. Hasil akhir persamaan diatas menunjukkan bahwa output counter $t2$ adalah berbandinng lurus hanya dengan V_{IN} sebab V_{REF} dan $t1$ adalah konstan / bernilai tetap.

Untuk rangkaian pada gambar dibawah ini, $t1$ adalah 1000 hitungan untuk clock 1 Mhz atau 1 ms dan V_{REF} adalah -1 Volt. Untuk 2 Volt sinyal input $t2$ akan bernilai $(2 V/1V) * 1000$ hitungan. atau 2000 hitungan. Grafik dibawah ini mewakili keluaran integrator untuk input tegangn yang lebih kecil , misalnya 0.8 Volt maka $t2$ akan bernilai 800 hitungan. Pembacaan akan menunjukkan nilai 0.800 Volt.

Tegangan input yang tidak diketahui di kenakan pada input integrator untuk hitungan dengan jumlah yang tetap yakni $t1$. Counter akan mereset ke 0 dan

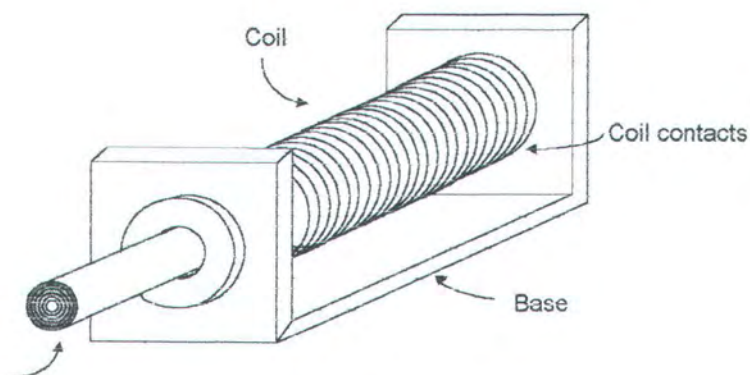
integrator input dihubungkan dengan tegangan Referensi. Jumlah hitungan yang dibutuhkan integrator untuk kembali ke 0 berbanding lurus dengan tegangan input.

Keuntungan dual slope konverter adalah sangat akurat, murah dan tahan terhadap variasi suhu pada komponen R dan C. Salah satu kekurangannya adalah kecepatan konversi lambat.

2.6. Aktuator

2.6.1. Solenoida Valve

Solenoida valve adalah valve (katub) yang bekerja dengan berdasarkan prinsip kerja medan elektromagnet. Di dalam solenoid valve terdapat banyak lilitan yang mengelilingi inti besi lunak dan logam penutup valve yang berhubungan dengan pegas. Pegas ini berfungsi untuk memastikan valve pada keadaan normalnya yaitu keadaan menutup atau membuka.



Gambar 2.8 Solenoide Valve

Jika pada lilitan solenoide valve tersebut diberi tegangan searah maka arus yang mengalir melalui kawat lilitan akan menimbulkan fluks magnet. Fluks magnet yang timbul akan memagnetisasi inti besi yang berada di tengah lilitan sehingga akan menarik logam penutup valve yang berhubungan dengan pegas. Dengan demikian valve akan dapat membuka atau menutup sesuai dengan sifat valve tersebut yaitu normally close atau normally open.

Jika bersifat normally close maka pada saat kawat lilitan diberi tegangan maka valve akan membuka dan setelah hubungan dengan tegangan dilepas maka solenoide valve akan berada pada kondisi semula yaitu menutup. Sedangkan yang terjadi pada solenoide valve normally open adalah sebaliknya, menutup jika terhubung tegangan dan membuka jika hubungan dilepas.

2.6.2. Motor DC

Prinsip dasar motor arus searah adalah bila sebuah kawat berarus diletakkan antar kutub magnet (U-S) maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat tersebut. Arah gerakan kawat sesuai dengan “kaidah tangan kiri”. Besarnya gaya yang ditimbulkan :

$$F = B I l \text{ newton (N)}$$

Dimana B = kepadatan fluks magnet (satuan Weber)

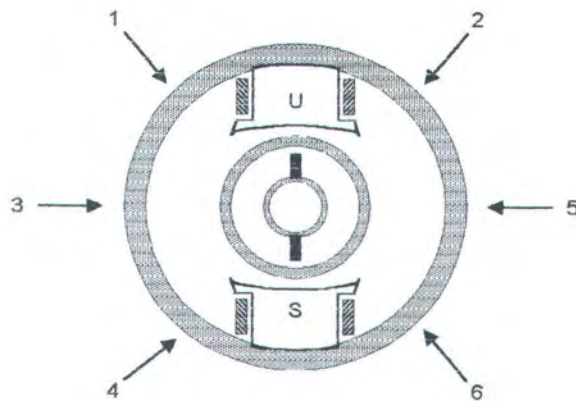
i = arus listrik yang mengalir (satuan Ampere)

l = panjang kawat penghantar (satuan meter)

Motor arus searah mempunyai bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Bagian stator terdiri dari badan motor (bodi) yang memiliki

lempeng-lempeng magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil, lempeng-lempengan tersebut adalah magnet permanen. Sedang pada rotor yang besra berupa elektromagnetik. Umumnya lempeng-lempengan magnet terbuat dari lempeng-lempeng magnetik derajat tinggi. Kumparan yang dilitkan pada lempeng-lempeng magnet ini disebut kumparan medan.

Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditakik. Susunan lempengan-lempengan membentuk celah-celah. Konduktor kumparan jangkar dimasukkan pada celah-celah tersebut. Ujung dari tiap-tiap kumparan dihubungkan pada satu segment komutator. Tiap segment merupakan pertemuan dua ujung kumparan yang terhubung ke segment itu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.9 yang menunjukkan bagian-bagian dari motor DC.



Gambar 2.9⁶ Bagian-bagian Motor DC

1. Badan motor, 2. Inti katub magnet, 3. Sikat-sikat, 4. Komutator, 5. Jangkar,
6. Lilitan jangkar.

⁶ Sumarto, MESIN ARUS SEARAH, Yogyakarta, Andi Offset, 1984, p. 21

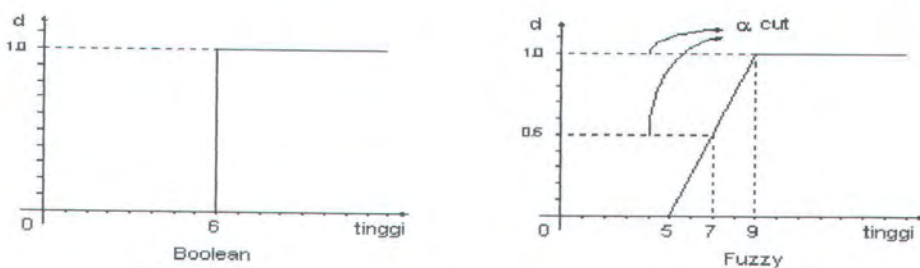
BAB III

TEORI LOGIKA FUZZY

3.1 Pendahuluan

Pada pertengahan tahun 1965 Prof. Lotfi Zadeh dari universitas California di Berkeley memperkenalkan teori logika fuzzy. Teori ini merupakan generalisasi dari logika multi nilai dan logika konvensional atau logika Boolean dalam kasus-kasus tertentu. Beberapa tahun kemudian teori ini dikembangkan ke arah aplikasi kontrol praktis.

Fungsi utama dari logika fuzzy adalah untuk aplikasi kontrol dengan mendefinisikan term dan rule yang intuitif sebagai pengganti fungsi matematis yang kompleks atau tidak linear. Dengan demikian logika fuzzy merupakan aproksimasi dari penalaran manusia. Perbedaan utama dari logika fuzzy dan logika konvensional adalah logika fuzzy tidak hanya mengevaluasi dua nilai true atau false, tetapi lebih dari itu fuzzy memberikan/mengijinkan derajat keanggotaan dari beberapa set/himpunan serta memungkinkan range yang kontinu.

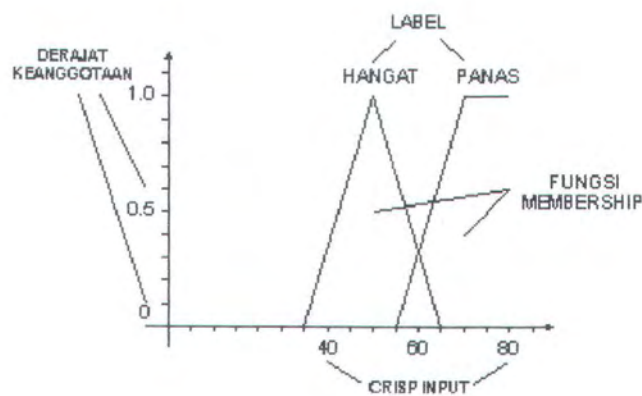


Gambar 3.1 Membership Boolean dan Fuzzy⁸

⁸ ----, FUZZY MICROCONTROLLER DEVELOPMENT, Amerika Neurologic, Inc., p. 5-1

Sebagai contoh klasik, suatu elemen secara pasti hanya mempunyai dua kemungkinan, menjadi anggota atau tidak. Tetapi dalam fuzzy elemen itu dapat mempunyai kemungkinan menjadi anggota dari beberapa set/himpunan dengan nilai keanggotaan (degree of membership) yang terletak antara 0 dan 1, seperti terlihat pada gambar 3.1.

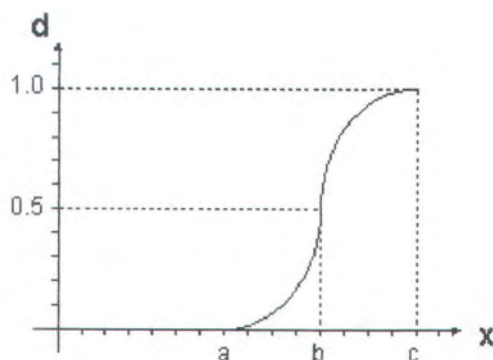
Bagian-bagian dari fungsi membership.



Gambar 3.2 Istilah-istilah dalam Fungsi Membership

Macam-macam bentuk fungsi membership:

Fungsi S :

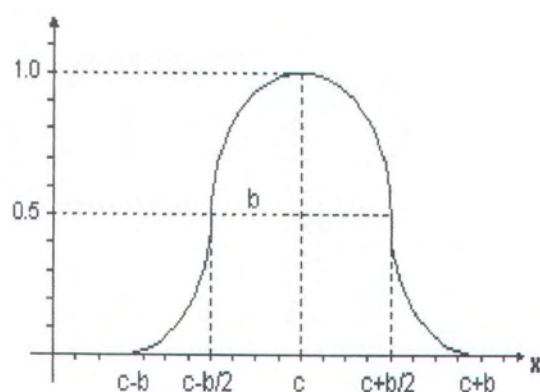


Gambar 3.3 Fungsi S

atau secara matematis:

$$\begin{aligned}
 S(x; a, b, c) &= 0 && \text{untuk } x \leq a \\
 &= 2((x-a)/(c-a)) && \text{untuk } a \leq x \leq b \\
 &= 1-2((x-a)/(c-a)) && \text{untuk } b \leq x \leq c \\
 &= 1 && \text{untuk } x \geq c
 \end{aligned}$$

Fungsi π

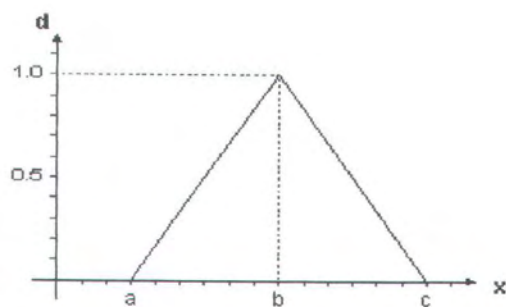


Gambar 3.4. Fungsi π

atau secara matematis :

$$\begin{aligned}
 (x; a, b) &= S(x; c-b, c-b/2, c) && \text{untuk } x \leq c \\
 &= 1-S(x; c, c+b/2, c+b) && \text{untuk } x \geq c
 \end{aligned}$$

Fungsi Segitiga



Gambar 3.5 Fungsi Segitiga

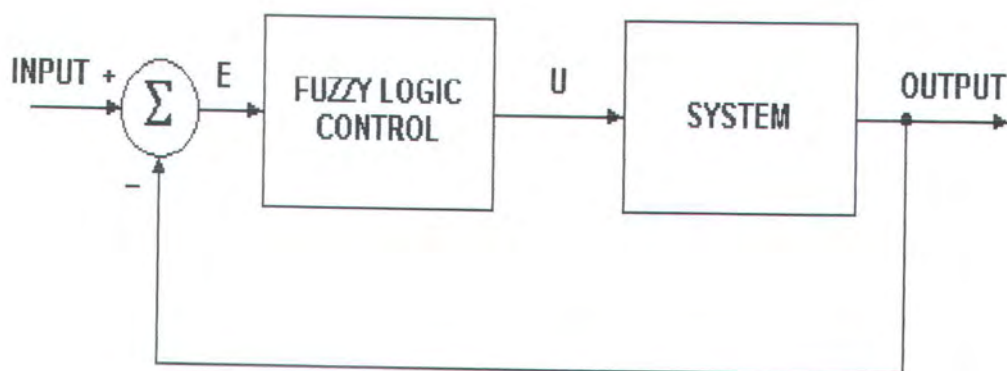
atau secara matematis:

$$\begin{aligned}
 T(x; a, b, c) &= 0 && \text{untuk } x \leq a \text{ dan } x \geq c \\
 &= (x-a)/(b-a) && \text{untuk } a \leq x \leq b \\
 &= (c-x)/(c-b) && \text{untuk } b \leq x \leq c
 \end{aligned}$$

3.2 Struktur Dasar Logika Fuzzy

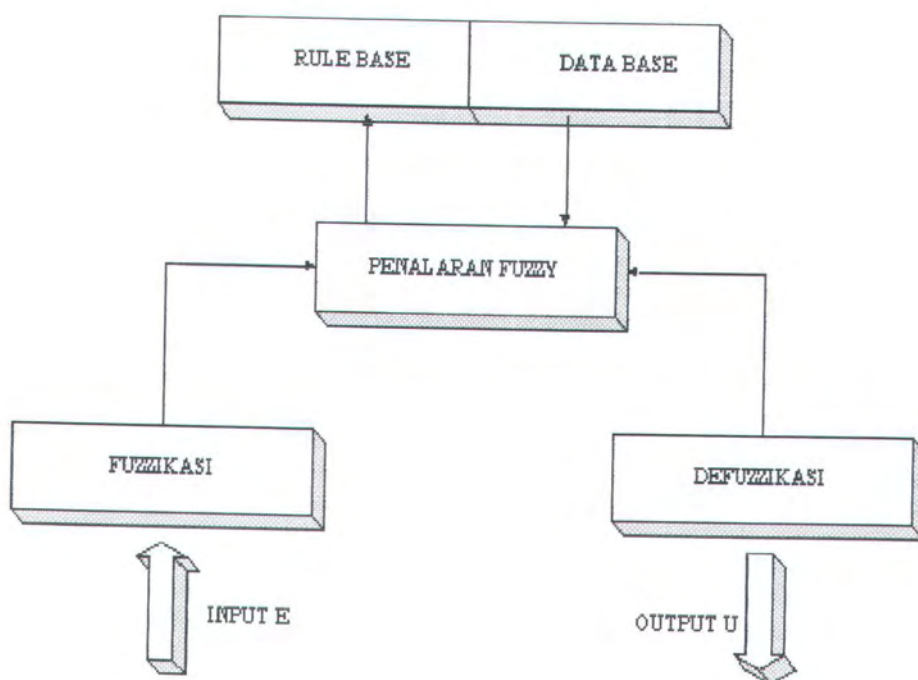
Fuzzy logic controller secara tipikal dapat digolongkan ke dalam sistem kontrol close-loop seperti pada gambar 3.6. Pada gambar 3.7 diperlihatkan elemen utama dari fuzzy logic controller adalah unit fuzzifikasi, unit penalaran fuzzy, data dasar pengambilan keputusan fuzzy (knowledge base) dan unit defuzzikasi.

Unit data base (knowledge base) terdiri dari dua bagian utama yaitu data base untuk mendefinisikan fungsi membership dan rule base yang menghubungkan nilai fuzzy input dengan nilai fuzzy output.



Gambar 3.6 Tipikal Sistem Kontrol dengan Fuzzy Logic⁹

⁹ Yan, Jun, Ryan, Michael, Power, James, USING FUZZY LOGIC, Prentice Hall, Ltd., p. 46.



Gambar 3.7 Struktur Dasar Fuzzy Logic Control¹⁰

3.2.1 Unit Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses memetakan (mapping) crisp input ke dalam set/himpunan fuzzy. Data crisp yang sudah ter-map diubah menjadi variabel label dari fungsi membership yang sesuai (nilai fuzzy input). Definisi fuzzifikasi:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0)$$

dimana :

x_0 : crisp input

x : set/himpunan fuzzy

Fuzzifier : Fuzzifikasi yang memetakan crisp input ke dalam set fuzzy

3.2.2 Unit Dasar Pengambilan Keputusan Fuzzy (Knowledge Base)

Knowledge base terdiri dari data base dan rule base. Data base terdiri dari parameter-parameter fuzzy sebagai set/himpunan fuzzy atau mendefinisikan fungsi membership dari tiap-tiap range variable. Dalam mendefinisikan data base terdapat beberapa pertimbangan yaitu, range (universe of discourse) tiap-tiap variable, jumlah set/himpunan fuzzy dan bentuk fungsi membership yang digunakan.

Rule Base mengandung pendefinisian rule control fuzzy untuk mengatur kerja sistem, sehingga diperoleh sistem kontrol yang diinginkan. Rule base ini memcerminkan penalaran manusia terhadap sistem kontrol tersebut. Pendefinisian rule secara garis besar adalah sebagai berikut:

Rule 1 IF x_1 is A_{11} AND ... AND x_m is A_{1m} THEN y is B_1

Rule 1 IF x_1 is A_{11} AND ... AND x_m is A_{1m} THEN y is B_1

Rule 1 IF x_1 is A_{11} AND ... AND x_m is A_{1m} THEN y is B_1

3.2.3 Unit Defuzzifikasi

Defuzzikasi adalah proses memetakan (mapping) nilai output fuzzy ke nilai non fuzzy (crisp) dan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$y_o = \text{defuzzifier}(y)$$

dimana y : nilai output fuzzy

y_o : nilai non-fuzzy (crisp)

defuzzifier : proses defuzzikasi yang didefinisikan

¹⁰ Ibid, p.47

Pada umumnya metode defuzzikasi yang digunakan adalah :

♦ Metode mean of max (MOM)

Metode ini juga disebut Height Defuzzification adalah metode yang menghasilkan nilai output rata-rata dari nilai-nilai output maksimum fungsi membership.

♦ Metode center of gravity (COG)

Metode ini menghasilkan nilai output yang merupakan gravity dari distribusi nilai output fungsi membership. Metode ini paling banyak digunakan.

3.3 Chip Fuzzy NLX220

3.3.1 Pendahuluan

NLX220 merupakan device yang membentuk kalkulasi logika fuzzy secara langsung di hardware. Karena memang dibuat khusus sebagai kontroller, sehingga mudah dipakai, unjuk kerjanya bagus, memiliki keistimewaan, dan tangguh dalam lingkungan yang kasar.

Device ini terdiri dari 4 analog input dan output dengan sumber clock internal. NLX 220 akan menyerap daya yang rendah saat operasi normal dan mempunyai mode power-down yang akan mengurangi daya dengan faktor 10.

Fuzzy logic sangat sesuai dengan proses-proses yang mempunyai input data yang acak dan sistem tidak linier untuk laju sistem kontrol yang tangguh.

Metodologinya memakai deskripsi secara linguistik dari sistem, sehingga menjadikannya sangat intuitif dan mudah untuk dipakai. Dapat juga dipakai untuk

menambahkan kecerdasan pada produk-produk industri, misalnya untuk meningkatkan performansi, menambah feature, dan meningkatkan efisiensi.

NLX220P bisa diprogram yang sesuai untuk development dan produksi yang terbatas. Kompatibilitas pin NLX220 memakai teknologi OTP untuk storage dan sesuai untuk produksi yang beragam.

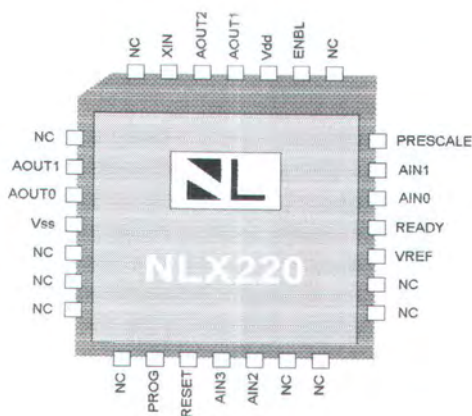
Memori menyimpan MF Fuzzy dan parameter rule. Pengorganisasian memori fleksibel dan dengan efisien mengadaptasi keperluan dari aplikasinya. Device ini menyimpan 111 variabel Fuzzy yang diorganisasikan dalam bentuk keperluan rulanya.

Device menyediakan 6 tipe MF yang berbeda untuk berbagai aplikasi. MF mempunyai slope konstan dan hanya perlu spesifikasi tipe, lebar, dan center. NLX220 juga menyediakan floating MF, dimana lebar dan center bisa 'float' dibuat berubah-ubah dengan dinamis. Floating MF dimanfaatkan untuk mengukur penurunan, membuat timer, atau meng-adjust untuk men-drive sensor.

Ada dua metode Defuzzifikasi, immediate dan accumulate. Immediate akan men-drive output untuk harga yang sudah tertentu dan accumulate untuk menambahkan harga yang telah ada.

3.3.2 Deskripsi Pin

Susunan pin NLX220 pada kemasan PLCC 28 pin adalah sebagai gambar berikut:



Gambar 3.8 Susunan Pin NLX220

3.3.2.1 Input

- **RESET**, untuk menginisialisasi device dengan sinyal aktif low. Harus telah habis. Dapat diaktifkan dengan rangkaian delay power-up. Dengan Reset akan mengaktifkan mode loe-power.
- **AIN(0-3)**, input data analog yang dengan internal akan dikonversikan ke 8 bit data digital. Input yang tidak dipaaki harus di-ground-kan.
- **XIN**, clock input, boleh dipakai eksternal input clock atau dengan kristal, di mana ujung satunya di-ground-kan.
- **PROG**, utnuk saat pemrograman NLX220P. Pin ini tidak dipakai pada NLX220. Saat operasi harus di-ground-kan.

- **PRESCALE**, input logika '1' menandakan dalam mode prescale dan '0' dalam operasi normal. Pin ini di-ground-kan saat mode prescale tidak pernah digunakan atau dihubungkan dengan pin READY untuk operasi kontinyu. Mode juga bisa dipanggil selama pengoperasian oleh logika eksternal. Setelah RESET diaktifkan, PRESCALE input harus dipertahankan pada logika rendah sedikitnya selama 4 clock.

3.3.2.2 Output

- **AOUT (0-3)**, Analag output, 8 bit data digital dikonversikan secara internal ke level analog.
- **READY**, setelah reset pin ini menandakan device mulai men-sample dan memproses data. Pin ini seharusnya tidak dihubnungkan atau disambungkan dengan PRESCALE selama pengoperasian.
- **VREF**, memfilter referensi tegangan internal, hubungkan ke ground dengan 0,1uF kapasitor.

Tabel 3.1. Absolute Maximum Rating Ta = 25° C

Parameter	Min	Max	Unit
Vdd	- 0,5	7,0	V
Vss	0	0	V
Digital Input	0	Vdd	V
Analog Input	0	Vdd	V
Power dissipation	-	100	mV
Storage Temperature	- 50	150	C

Tabel 3.2. Analog Conversion Specifications

Parameter	Value	Unit
Resolution	1	Bit
Slew Rate, Tracking	1,6	V/ms max
Zero Code Error	1x	LSB
Full Scale Error	1x	LSB
Signal to Noise Ratio	45	dBmin
Sampling Rate	100KHz	Per Channel

Tabel 3.3. Specifications and Recommended Operation Condition

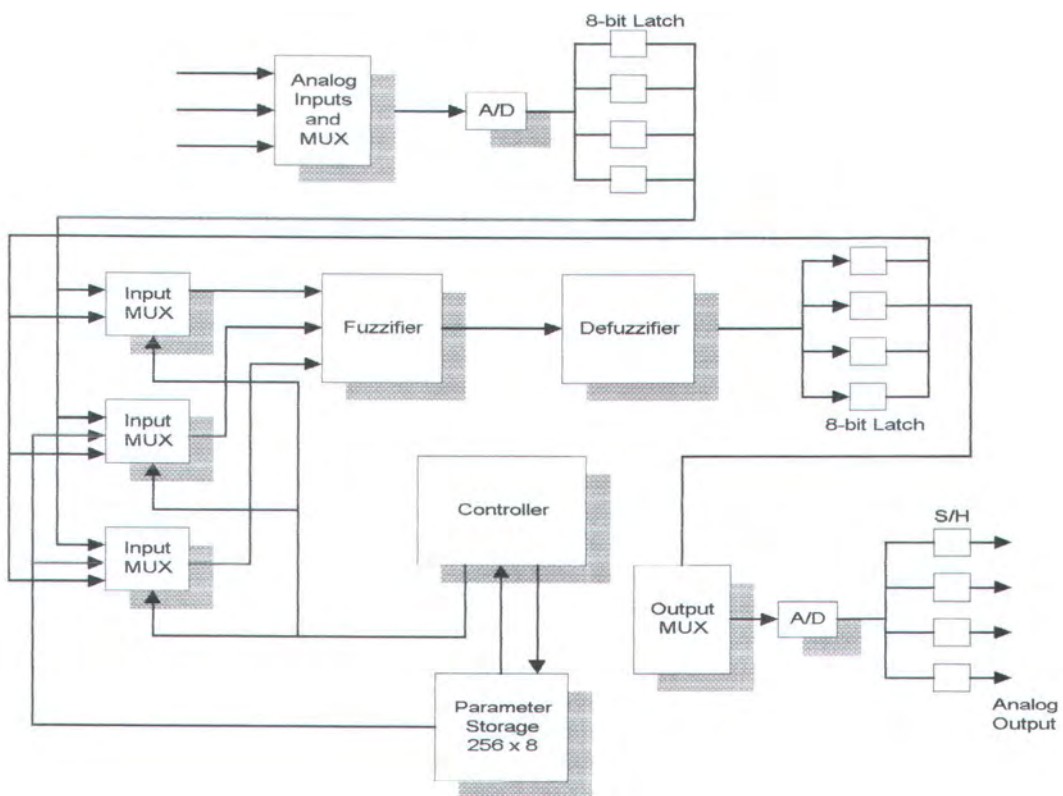
	Parameter	Min	Norm	Max	Unit
Vdd	Supply Voltage	4,75	5,0	5,25	V
Idd	Supply Current				mA
Iol	Digital Output Low Level Current			15	mA
Ioh	Digital output High Level Current			-40	uA
F	Clock Frequency	1		10	MHz
Vil	Digital Input Low Level Voltage	0		0,8	V
Vih	Digital Input High Level Voltage	3,5		Vdd	V
Iil	Digital Input Low Level Current			-40	uA
Iih	Digital Input High Level Current				uA
Zin	Analog Input Impedance	100	150	250	kOhm
Vin	Analog Input Voltage	0		Vdd-0,5	V
Vo	Analog Output Voltage Range	Vss+0,5			V
Io	Analog Output Current	-5		5	mA
Tw	Reset Pulse Width	100			ms
Tsv	Reset Inaktif Before Clock	10			ms
Ta	Operating Ambient Temperature	0		70	C

3.4 Arsitektur Device

Device ini adalah stand alone kontroller Fuzzy logic yang membentuk semua kalkulasi di dalam haradware dan tidak memerlukan software. Input dapat

secara langsung dihubungkan ke sensor atau switch, demikian juga outputnya langsung dihubungkan dengan piranti analog atau digunakan untuk fungsi kontrol.

Komponen utama NLX220 adalah Fuzzifier, Deffuzzifier, dan Kontroller. Fuzzifier mengkonversikan input data ke dalam data Fuzzy, dan dalam hubungannya dengan kontroller, akan mengevaluasi data fuzzy dengan definisi set rule yang dimasukkan yang menggambarkan sistem kontrol yang dimaksud. Setelah rule-rule dievaluasi, Deffuzzifier memberikan nilai aksi ke output yang bersesuaian.



Gambar 3.9. Blok diagram NLX220

3.5 Membership Function (MF)

MF dipakai untuk membagi input ke dalam bagian-bagian dimana inputnya biasanya bervariasi. MF dibandingkan dengan data input untuk mengetahui dimana data tersebut akan ditempatkan. Tempat-tempat tersebut tergantung disainernya dalam mengklasifikasikan data, misalnya hangat, cepat, atau tinggi.

Dalam hal ini termometer, pembagiannya suhunya dibuat sehalus mungkin, misal :

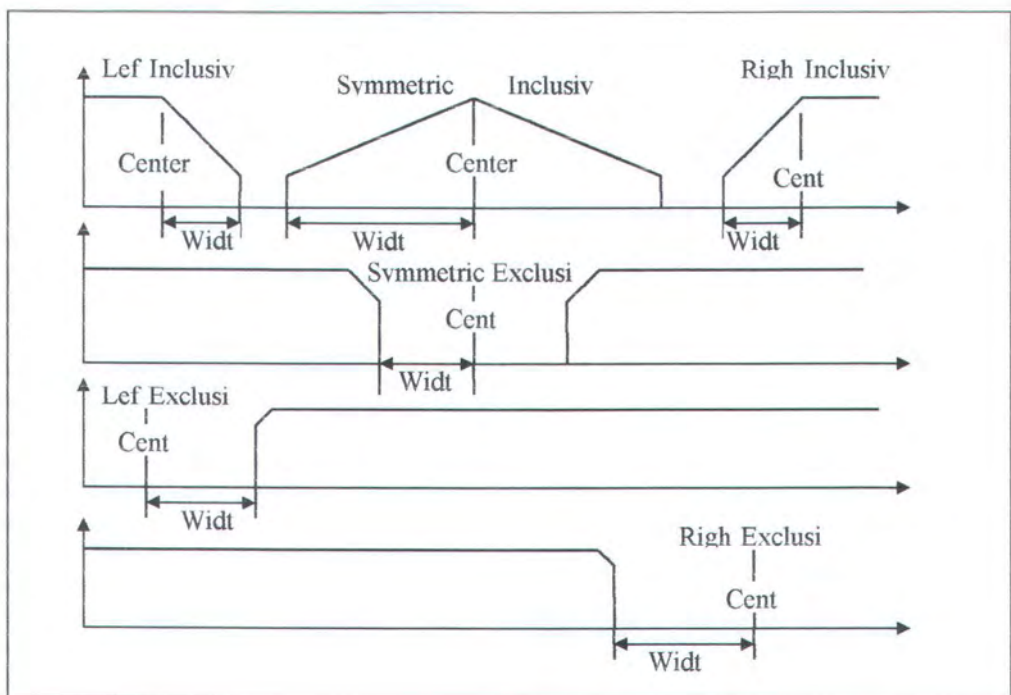
1. Di bawah 60 F = Dingin
2. 60 F - 70 F = Cool
3. 70 F - 75 F = Moderat
4. 75 F - 85 F = Warm
5. Di atas 85 F = Panas

Pembagian ini hanya secara intuitif saja. Di dalam Fuzzy Logic 5 bagian ini disebut MF. Pembagian ini boleh terjadi overlap, dimana datanya berarti member dari kedua MF. Misalnya dingin dengan cold.

NLX220 mensupport 6 macam slope:

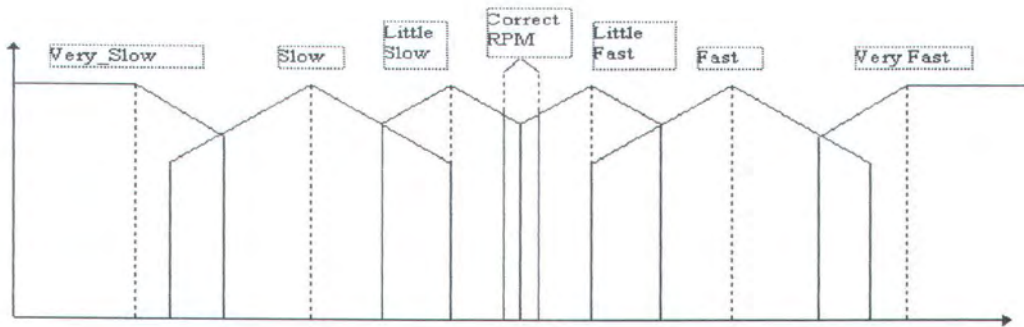
1. Left Inclusive
2. Symmetrical Inclusive
3. Right Inclusive
4. Symmetrical Exclusive
5. Left Exclusive
6. Right Exclusive

Di dalam aplikasinya didefinisikan dengan nama, tipe bentukannya, dan nilai numerik center dan width-nya. Pemilihan MF harus hati-hati agar dapat menyederhanakan banyak model. Misalnya, dalam termometer Dingin adalah left inclusive dan Panas right Inclusive MF.



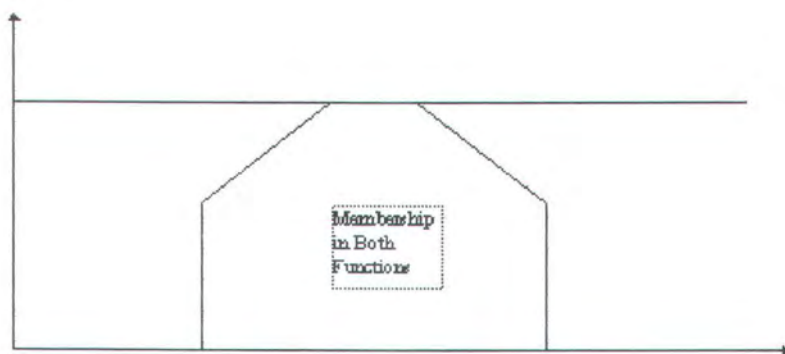
Gambar 3.10 Jenis Membership Function

Ketepatan kontrol pada operating point yang diinginkan dapat diberikan dengan sempitnya Symmetrical Inclusive MF. Aplikasinya kontrol motor, yang perlu sekali kepresisian. Contoh dari gabungan dari tipe dan lebar yang berbeda dipakai untuk memonitor kecepatan motor.



Gambar 3.11 Membership Function Kecepatan

MF dapat di-overlap-kan agar membentuk tipe MF baru seperti trapezoidal, yang merupakan gabungan dari Left Inclusive dan Right Inclusive. Data input yang masuk ke dalam tipe trapezoid adalah member dari kedua MF tersebut.



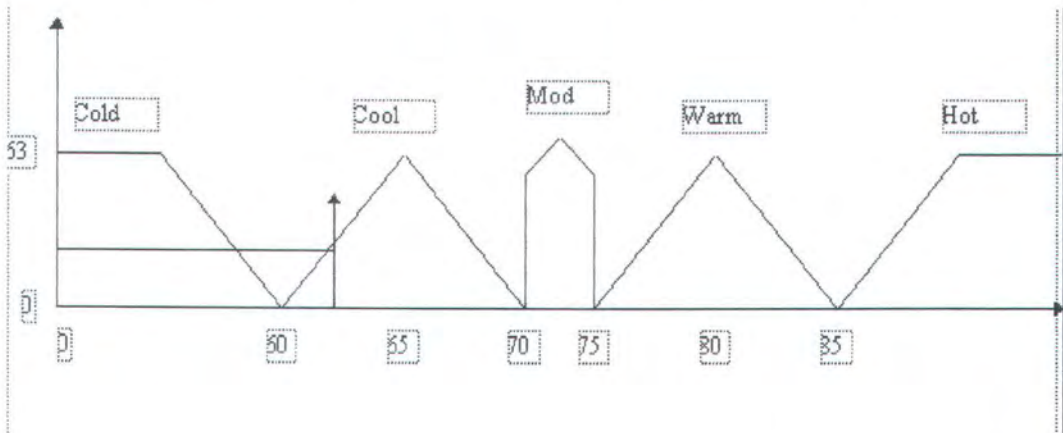
Gambar 3.12 Overlap Dua Membership Function

3.6 Variabel Fuzzy

Adalah ekspresi linguistic yang menunjukkan input bersesuaian dengan MF di sumbu mendatarnya. Varabel Fuzzy berdasarkan pada Membership Function dan Input variabel, seperti misalnya :

if Temperatur is Cool

Di dalam contoh tersebut ‘Temperatur’ adalah input dan ‘Cool’ adalah Membership Function. Hubungannya dikerjakan oleh Fuzzifier, hasilnya adalah data Fuzzy yang menunjukkan derajat mana data input yang sesuai dengan MF. Data Fuzzy adalah numerik dan berkisar antara 0 - 63 di dalam NLX220.



Gambar 3.13 Fuzzifikasi dari Temperatur input .

3.7 Rule

Rule adalah berisi satu atau lebih variabel Fuzzy dan sebuah nilai aksi ke outputnya. Rule dipakai untuk memberitahu ke kontroller bagaimana menanggapi perubahan input data.

Misalnya :

Output -5 if Velocity is Fast and Acceleration is Positive

Output +5 if Velocity is Little_Slow and Acceleration is Zero

Di rule pertama, variabelnya adalah ‘ Velocity is Fast’ dan kedua ‘Acceleration is Positive’. Aksi ‘-5’ dan ‘+5’ diberikan ke output untuk mengurangi atau mempercepat motor. Jika memakai tanda ‘±’ berarti memakai mode output accumulate yang menunjukkan bahwa output bisa ditambah atau dikurangi.

3.8 Evaluasi Rule

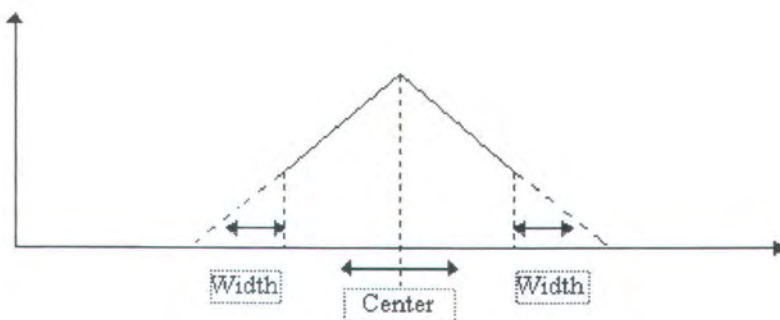
Ada beberapa metode untuk mengevaluasi Rule Fuzzy Logic. NLX220 mengevaluasi dengan teknik dua step MAX-of-MIN.

Step pertama - MIN, semua nilai variabel Fuzzy dibandingkan dan nilai paling rendah mewakili Rule. Step kedua - MAX, nilai rule dibandingkan dan nilai paling tinggi yang menang.

Membership function, variabel Fuzzy, dan Rule dibuat dan dikelompokkan menurut keperluan aplikasi. Sifat-sifat fisik sistem yang mau dikontrol harus dipahami sebelum memasukkan model Fuzzy.

3.9 Floating Membership Function

Keistimewaan memakai fungsi Floating MF. Floating yang dimaksudkan adalah nilai center dan width dari MF dapat dibuat berubah-ubah, yang biasanya adalah nilainya tetap dan disimpan di memori. Di dalam floating membership function nilainya dapat berasal dari input atau output



Gambar 3.14 Floating Membership function.

Beberapa MF dibuat floating saat entri data. Floating MF berfungsi merubah nilai center dan width sebagai data dari perubahan pilihan input atau output. Misalnya :

IN1 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

IN2 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

Dimana : 0 = center

 25 = width

Dua variabel Fuzzy tadi dapat digabungkan menjadi:

Output +1 if IN 1 is small and IN2 is small

dimana varabel fuzzy 'IN1 is small' membandingkan input IN1 dengan membership function konvensional 'small'. Floating MF membuatnya akan menjadi lebih ringkas dengan variabel Fuzzy dan rule berikut :

IN1 is small_difference (IN2, 25, symmetrical Exclusive)

Output +1 if IN1 is small_difference

Di dalam variabel Fuzzy, center dari MF small_difference di definisikan oleh nilai IN2 yang disimpan di latc input.

Saat proses Fuzzifikasi, sebuah input dikurangkan dari center dan nilai absolutnya di-inversikan untuk mengukur bagaimana sedekat mungkin hal itu dapat match dengan nilai centernya. Ketika fuzzifikasi floating MF akan mengurangi satu input dengan yang lain.

Floating MF seperti contoh di atas digunakan untuk mengkalibrasi input sensor over time, dengan cara langsung membandingkan dua input. Nilai stabil sensor dibandingkan dengan set tegangan. Rule kalibrasi mengecek derajat dari

ketidaktepatan dan menyimpannya ke dalam output latch. Jika input dalam kalibrasi, center akan match dan nilai koreksi adalah nol. Koreksi ketidaktepatan yang besar akan menyimpan nilai yang besar juga. Koreksi digunakan untuk meng-adjust floating center dari MF di dalam rule yang memproses data sensor.

Floating MF dapat digabungkan dengan aksi floating output untuk memperoleh derivatif dari nilai input. Rule dapat mereferensikan sebuah input sebagai aksi floating sehingga melewatkannya secara langsung ke output latch.

Selama input sampel berikutnya, nilai output latch memilih MF nilai center, yang berakibat berkurangnya nilai input yang sebelumnya. Beda nilai, dibagi oleh sampling interval, adalah nilai derivatif yang dapat dijadikan acuan di dalam rule.

Sebagai contoh pemakaian input atau aksi di dalam mengukur percepatan motor. Rule yang memberikan nilai input ke dalam output latch adalah :

VALUE_TO = IN1 if IN1 is MUST_WIN(0, 0, Right Inclusive)

Rule memberikan IN1 sebagai nilai aksi . MUST_WIN adalah tipe Right Inclusive mulai nol sehingga apapun nilai IN1, rule harus menang dan nilai IN1 diberikan ke output latch. Rule kedua menghitung derivatif dan meng-adjust output drive ke motor :

ACCEL \pm if IN1 is VALUE_T1 (VALUE_T0, 25, Symmetrical Inclusive)

Maksudnya rule menentukan apakah nilai input pada T1 masih di dalam range 25 dari nilai awal saat T0. Di dalam aplikasi aktual, perlu MF lain untuk menentukan polaritas derivatif dan rule yang lain untuk menjankau varasi yang lebar.

Contoh di atas floating membership function digunakan dengan jelas. Di dalam aplikasinya, floating MF dipakai ekstensif untuk menyimpan memory karena lebih sedikit memakai variabel dan rule untuk mendeteksi perbedaan input daripada fungsi-fungsi konvensional yang biasa.

3.10 Operasional Device

Pemrosesan data meliputi beberapa step. Pertama, data sampel analog dikoversikan ke digital dan dilatch. Berikutnya Fuzzifier membandingkan isi dari input latch dengan variabel fuzzy untuk menemukan nilai variabel. Fuzzifier juga membentuk penghitungan MAX-of-MIN untuk mencari pemenang rule. Terakhir, Defuzzifier menentukan pemenang aksi rule dan menahannya untuk konversi ke analog output atau untuk internal feedback.

- **Fuzzifier**

Adalah membandingkan data input latch dengan MF untuk menghitung nilai fuzzy variabel. Ketika penghitungan MIN rule dilakukan, nilainya mewakili rule yang disimpan. Ketika penghitungan MAX dilakukan pada seluruh variabel yang mereferensikan nilai output, nilai rule pemenang akan diberikann ke Defuzzifier.

- **Peng-update-an Output Latch**

Rule dievaluasi dalam urutan saat masuknya. Banyak rule dapat mereferensikan output dan output dapat direferensikan berulang-ulang di dalam

sebuah set rule. Ketika sebuah rule atau grup rule memberikan output yang dievaluasi dan rule selanjutnya memasukkan referensi ke output lain, compiler akan menyertakan kode untuk Last Rule dengan output latch untuk di-update dengan nilai pemenang yang baru. Latch data juga bisa dengan cepat dipakai sebagai feedback.

Jika setelah pemrosesan rule yang berefek ke output lain, processor menemukan rule atau grup rule lain yang menunjuk output sebelumnya, output latch akan di-update lagi. Peng-update-an output mungkin bisa sesering mungkin selama proses sebagaimana disana ada bagian grup terpisah yang mereferensikannya.

Sebagaimana sebelumnya, sampling input adalah kontinyu. Output Analog juga sering di-update terus menerus. Selama proses variabel Fuzzy mungkin memakai data sample yang lalu atau dari data yang sedang dipakai proses tergantung dimana sampling input cycle berada relatif terhadap processing cycle. Jika lebih dari satu grup rule yang mereferensi ke input dan output yang sama, maka nilai output akan berubah lebih dari satu kali selama sebuah proses cycle berdasar pada perbedaan input data.

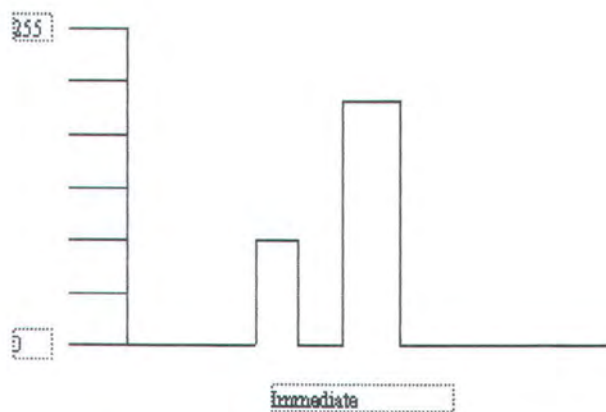
- **Defuzzifier**

Nilai aksi rule yang menang dan mode data diberikan ke defuzzifier. Data digital dari defuzzifier di-latch dan dikonversikan ke analog untuk mendrive output atau diumpanbalikkan kembali secara internal.

Jika semua rule dalam sebuah grup mereferensikan sebuah hasil evaluasi output nol, maka grup tidak akan merubah nilainya. Jika lebih dari satu rule mengevaluasi dengan hasil nilai paling tinggi dan tidak nol, maka rule pertama yang masuk akan menang dan aksinya menentukan output.

- **Metode Defuzzifikasi**

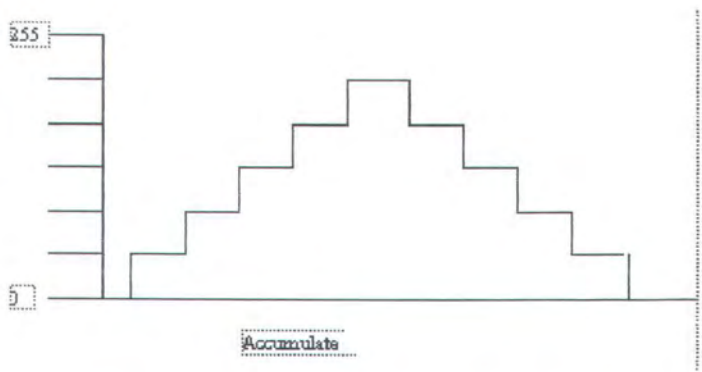
Hasil defuzzifikasi berpengaruh langsung ke output. Device ini mendukung dua metode defuzzifikasi, yaitu Accumulate dan Immediate. Mode immediate fungsinya sama dengan tabel, di mana nilai aksi yang menandakan ke rule pemenang selama pemasukan, diaplikasikan ke output. Immediate dipakai saat nilai output harus absolute.



Gambar 3.15 mode immediate defuzzifikasi

Mode accumulate adalah untuk menaikkan atau menurunkan nilai output yang ada dengan nilai pemenang rule. Output merupakan fungsi dari aksi sekarang dengan aksi sebelumnya. Digunakan pada perubahan output yang halus saat

sistem dalam kontrol yang mendekati titik operasinya. Sangat berguna juga pada pembuatan timing.



Gambar 3.16 Mode accumulate defuzzifikasi

3.11 Mode Inaktif

Konsumsi power dapat diperkecil dari mode operasi ke mode standby yaitu dengan mempertahankan pin clock high. Menghentikan clock berarti menunda pemrosesan dan membiarkan output pada setting terakhir. Nialai output analog akan menjadi nol, pemrosesan berlanjut lagi ketika clock memulai perhitungan lagi.

3.12 Organisasi Memori

Organisasi memori dalam NLX220 dibagi dalam tiga bagian, yaitu Rule/Fuzzy Variable storage, Center Storage dan Width storage seperti ditunjukan pada tabel dibawah

Tabel 3.4. Alokasi Memori NLX220

Alamat (Desimal)	(Alamat Hexadesimal)	Fungsi
0	00	Rule
223	DF	Rule
224	E0	Center
239	EF	Center
240	F0	Width
225	FF	Width

Tabel 3.5. Command Byte / Alamat genap

7	6	5	4	3	2	1	0
WF	CF	I/O cont	I/O select		type 2-7		
AF	Mode				type 1		
AF	Mode		output select		type 0		

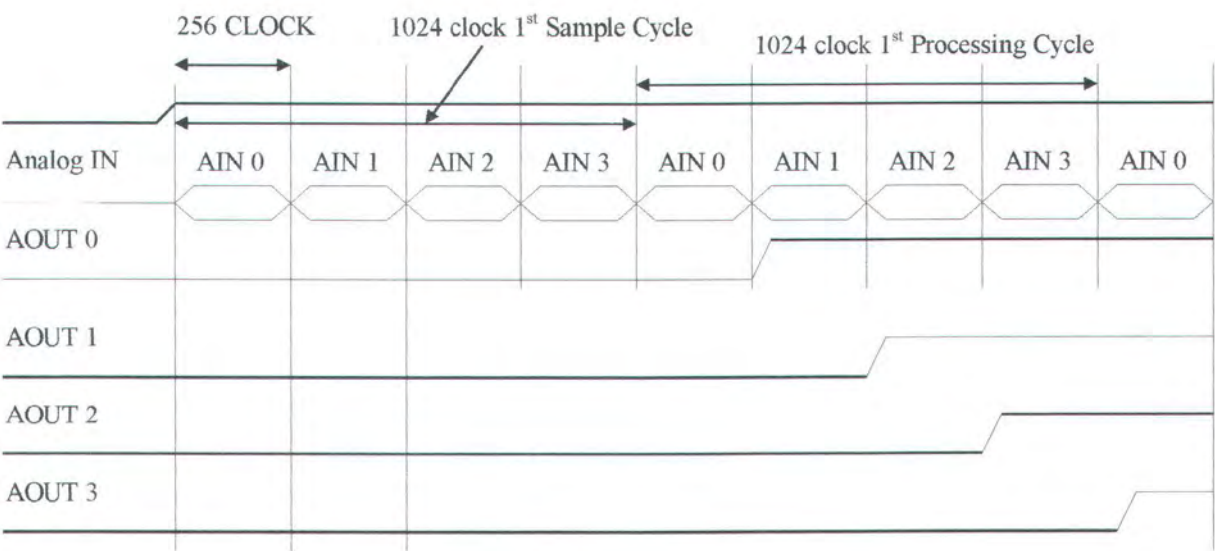
7	6	5	4	3	2	1	0
center select				width select			
	I/O cont	I/O select center			I/O cont	I/O select width	
ACTION							
					I/O cont	I/O select action	

Tabel 3.6. Select Byte / Alamat Ganjil

Type	<u>2 1 0</u> 0 0 0 Last Term of last Rule of given output 0 0 1 Last Term of Current Rule 0 1 0 MF, Symmetrical, Inclusive 0 1 1 MF, Symmetrical, Exclusive 1 0 0 MF, Left, Inclusive 1 0 1 MF, Left, Exclusive 1 1 0 MF, Right, Inclusive 1 1 1 MF, Right, Exclusive
I/O Select	<u>4 3</u> 00 I/O port 0 as Input 01 I/O port 1 as Input 10 I/O port 2 as Input 11 I/O port 3 as Input
I/O Control	<u>5</u> 0 Select from Inputs 1 Select from outputs

Width Select (0 - 3)	Used as address index (E0-EF) for fixed 6-bit value Width when type= 2-7 and WF= 0.
Center Select (4 - 7)	Used as Address index (F0-FF) for fixed 8-bit CENTER value when type = 2-7 and CF = 0
I/O Select Width <u>1 0</u>	00 I/O port 0 as Width (Type=2-7 and WF=1) 01 I/O port 1 as Width (Type=2-7 and WF=1) 10 I/O port 2 as Width (Type=2-7 and WF=1) 11 I/O port 3 as Width (Type=2-7 and WF=1)
I/O Control <u>2</u>	0 Select from Inputs (Type = 2-7 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 2-7 and WF=1)
I/O Select Center <u>5 4</u>	00 I/O port 0 as Input (type=2-7 and WF=1)

Mode	<u>6</u> 0 Immediate, Output equals Action 1 Accumulate, Output equals current output plus two's complement Action (-128 to +127)	01 I/O port 1 as Input (Type=2-7 and WF=1) 10 I/O port 2 as Input (Type=2-7 and WF=1) 11 I/O port 3 as Input (Type=2-7 and WF=1)
AF	<u>7</u> 0 Select Action from select Byte (FIXED) 1 Select Action from I/O via select Byte (FLOAT)	I/O Control <u>6</u> 0 Select from Inputs (Type = 2-7 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 2-7 and WF=1)
Output Select	<u>43</u> 00 ACTION from current RULE set to Output 0 01 ACTION from current RULE set to Output 1 10 ACTION from current RULE set to Output 2 11 ACTION from current RULE set to Output 3	ACTION (0 - 7) 8-Bit Action value to be applied to an output due to winning of Last Term of Last Rule (Type = 1) or Last Term of Last Rule of given output (Type = 0), and AF = 0 (Fixed)
CF	<u>6</u> 0 Select Center from memory via Select byte (FIXED) 1 Select Center from I/O via Select byte (FLOAT)	I/O Select Action <u>10</u> 00 I/O port 0 as Action (type=0-1 and AF=1) 01 I/O port 1 as Action (type=0-1 and AF=1) 10 I/O port 2 as Action (type=0-1 and AF=1) 11 I/O port 3 as Action (type=0-1 and AF=1)
WF	<u>7</u> 0 Select Width from memory via Select byte (FIXED) 1 Select Width from I/O via Select byte (FLOAT)	I/O Control <u>2</u> 0 Select from Inputs (Type = 0 - 1 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 0 - 1 and WF=1)



Gambar 3.17. Timing Diagram

BAB IV

PERANCANGAN PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan juga mencakup cara kerja dari sistem secara keseluruhan. Pembahasan akan dimulai dengan blok diagram dan cara kerja dari sistem, lalu dilanjutkan dengan perangkat keras & lunak. Sehingga diharapkan pembaca lebih mudah untuk menyimak dan mengerti tentang alat yang dibuat.

4.1. Blok Diagram

Sebelum menjelaskan tentang blok diagram sistem akan dijelaskan mengenai spesifikasi dari alat yang akan dibuat. Sistem akuisisi data dan kontrol pH yang direncanakan mempunyai kriteria-kriteria perangkat keras sebagai berikut:

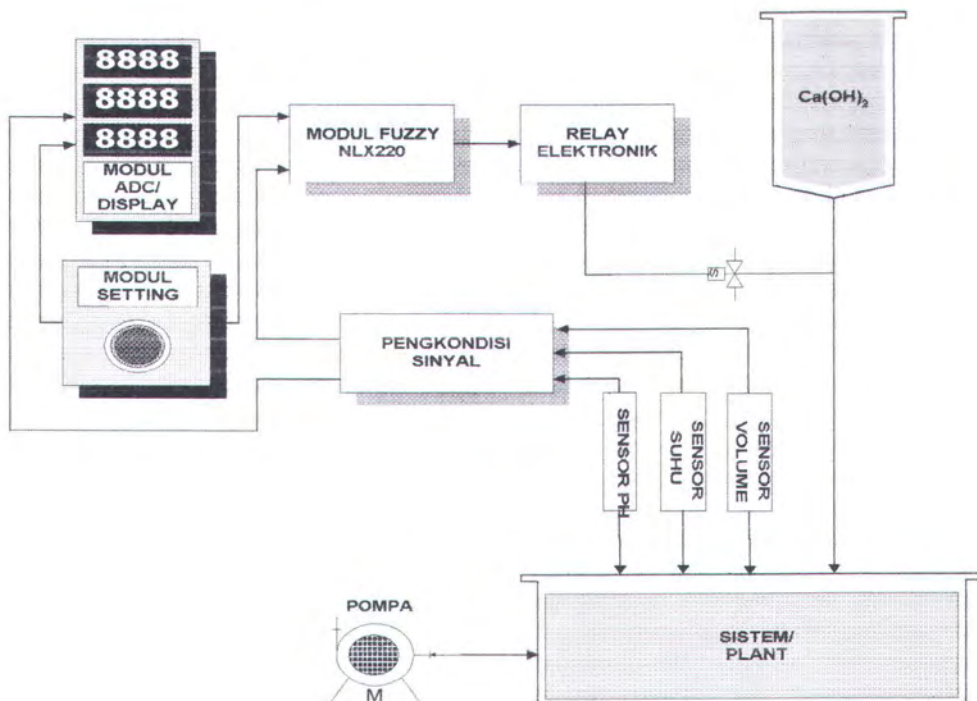
- Mampu mengenali perubahan pH (nilai keasaman) dan perubahan suhu dalam sistem. Besarnya kemampuan alat ini akan banyak tergantung pada kemampuan dari transduser yang bersangkutan. Alat ini dirancang untuk mengenali perubahan pH sebesar 0,01 satuan dan perubahan suhu sebesar 0,1 °C.
- Mampu mengolah tingkat keasaman dari plant, sehingga mencapai atau mendekati titik yang telah ditentukan oleh pemakai (*setting point*). Dengan menggunakan kontrol logika fuzzy (*fuzzy rule based control system*) NLX220.

- Mampu memberikan informasi tentang perubahan-perubahan yang terjadi dalam sistem, diantaranya besarnya nilai keasaman (pH), temperatur, dan nilai aksi yang diberikan oleh kontroler NLX220.

Sedangkan perangkat lunak dari sistem ini akan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Perangkat lunak dalam kontroler fuzzy logic, yang merupakan sebuah sistem berbasis aturan fuzzy. Dalam hal ini aturan fuzzy berdasar *mode immedeatelly*.

Sistem perangkat keras akuisisi data dan kontrol pH mempunyai blok diagram seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Dari gambar blok diagram tersebut dapat dilihat bahwa sistem terdiri dari beberapa bagian penting yaitu :

- *Fuzzy Board* berbasis *chip fuzzy NLX220*
- Instrumentasi transduser suhu
- Instrumentasi transduser pH
- Deteksi ketinggian cairan
- *Display seven segment* sebagai tampilan
- Driver katub/*solenoid valve*
- Driver motor pengaduk
- Driver motor pengisi dan penguras
- Nilai *setting* sebagai input
- *Power supply*

Secara umum, alat ini mempunyai cara kerja sebagai berikut :

Setelah catu daya dinyalakan, motor pengisi akan mengisi bak sistem dengan cairan yang akan diproses sampai pada volume tertentu yang ditandai oleh aktifnya detektor ketinggian cairan. Selanjutnya bagian transduser mulai mensampling parameter nira/plant, yaitu pH dan suhu. Dari luar diberikan tegangan setting, dimana tegangan tersebut sebanding dengan nilai pH tertentu (nilai yang dikehendaki). Kemudian ketiga sinyal tersebut diinputkan pada rangkaian supervisi.

Rangkaian supervisi dalam hal ini modul NLX220 memproses sinyal dari transduser dan tegangan setting. Tegangan dari transduser (pH_{act}) dibandingkan dengan tegangan dari rangkaian seting (pH_{set}) sehingga diketahui besarnya perbedaan (error). Selain itu, rangkaian supervisi juga membandingkan tegangan transduser (pH_{act}) sekarang dengan tegangan pH_{act} yang didelay internal sebesar waktu tertentu t , yang disebut tegangan ΔpH .

Kedua macam tegangan ini dalam prosesor Fuzzy selanjutnya diolah oleh rule-rule fuzzy sehingga menghasilkan keluaran dari proses fuzzy. Kemudian diumpankan ke aktuator untuk mengubah-ubah parameter sistem. Dalam tugas akhir ini aktuator berfungsi membuka dan menutup katup untuk pengaturan basa yang berupa susu kapur ($Ca(OH)_2$).

Sedangkan fungsi dari masing-masing blok adalah sebagai berikut :

1. Transduser berfungsi sebagai pengubah besaran fisika dan kimia menjadi besaran listrik.
2. Pengkondisi sinyal berfungsi mengubah nilai listrik transduser, yang biasanya lemah, menjadi sinyal yang lebih kuat dan memproses sinyal dari transduser, sehingga sinyal keluarannya benar-benar sinyal yang merupakan sinyal yang dikehendaki.
3. Unit fuzzy logic controller NLX220 berfungsi sebagai pemroses data dengan menggunakan aturan-aturan fuzzy serta mengontrol keluaran untuk pengolahan sistem. Dengan menghasilkan sinyal error dan delay error dari sinyal masukan/setting.

4. ADC berfungsi sebagai pengubah sinyal analog dari transduser / pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital sehingga dapat diolah secara digital pada tahap selanjutnya untuk ditampilkan.
5. Unit Relay Elektronik berfungsi untuk mengubah besaran listrik/tegangan output/action fuzzy untuk menggerakkan komponen mekanik dari sistem.

4.2 Perencanaan perangkat keras

Perencanaan perangkat keras meliputi fuzzy board berbasis chip NLX220P, instrumentasi transduser pH, instrumentasi transduser suhu, driver katup/solenoid valve, driver motor pengaduk, display seven segment sebagai tampilan, nilai setting sebagai input, dan power supply.

4.2.1 Modul Fuzzy NLX220

Modul ini memiliki fungsi sebagai pengendali sistem rangkaian meliputi akuisisi data, pengolahan data dengan logika fuzzy dan pengeluaran data yang berupa nilai action. Modul ini memiliki empat input analog sebagai masukan data dan empat output sebagai keluaran. IC PIC16C54 mendapat clock eksternal dari sebuah oscilator kristal 10 MHz yang kemudian dimasukkan ke dalam sebuah pembagi frekuensi IC 74HC393 yang outputnya membuat frekuensi clock terbagi menjadi empat bagian yaitu 5 MHz, 2.5 MHz, 1.25 MHz dan 0,625 MHz sehingga frekuensi clock modul bisa diubah-ubah sesuai kebutuhan. Untuk mengamankan

Dalam hal ini tegangan keluaran dari transduser suhu LM35 yang telah linier terhadap suhu dapat langsung didisplaykan pada modul display karena impedansi input rangkaian display mencapai lebih dari 1M ohm tidak akan membebani transduser. Ketelitian display adalah 0.1°C .

Untuk keperluan input dari fuzzy, maka sinyal suhu ini harus dikuatkan lagi untuk mendapatkan output 0 – 5 volt yang diperlukan sebagai input membership fuzzy. Besarnya penguatan yaitu 5 volt dibagi 1,25 volt (125°C full scale) atau 4 kali. Rangkaian penguat non inverting diatas menghasilkan penguatan yang sesuai.

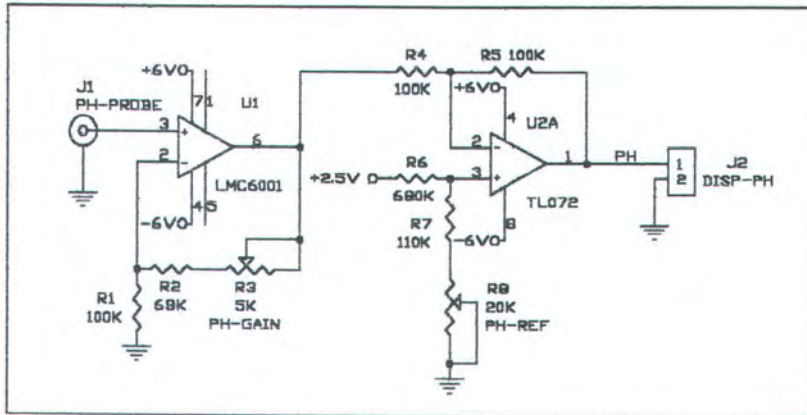
4.2.3. Instrumentasi Transduser pH

4.2.3.1. Transduser pH

Transduser pH memakai elektroda gelas, dimana elektroda ini akan mengeluarkan tegangan yang proporsional dengan perubahan pH. Untuk elektroda standard Ag/AgCl, secara teoritis setiap level pH akan menimbulkan perubahan sebesar 59,16 mV, pada suhu 25°C . Dengan demikian pada saat berada pada pH netral akan menunjukkan 0V (sesuai dengan output probe), pada saat asam kuat keluarannya adalah -414,1 mV dan pada saat basa kuat keluarannya adalah 414,1 mV. Resistansi dari elektroda pH biasanya berkisar antara 10 M Ω dan 1000 M Ω .

4.2.3.2. Pengkondisi sinyal pH.

Pengkondisi sinyal pH mempunyai rangkaian sebagai berikut:



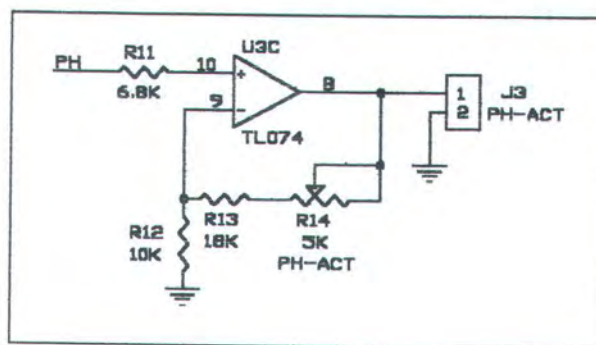
Gambar 4.4 Rangkaian pengkondisi sinyal pH

Karena impedansi transducer yang sangat besar, maka diperlukan suatu *operational amplifier* yang mempunyai arus bias yang sekecil-kecilnya. IC LMC6001 dari National Semiconductor memenuhi syarat tersebut, karena arus bias masukannya maksimum hanya 25 fA. Selain itu opamp tersebut hanya membutuhkan daya yang kecil (arus daya 750 μ A), tegangan *offset* yang kecil (350 μ V) dan noise yang sangat kecil.

LMC6001 dalam hal ini bertugas untuk mengubah level perubahan transducer (59,16 mV/pH) menjadi 100 mV/pH. Opamp kedua dan ketiga bertugas sebagai pembalik fasa, pemberi offset, dan penguat sehingga keluaran adalah proporsional dengan perubahan pH. Karena arus daya opamp yang kecil, maka rangkaian ini hanya membutuhkan arus daya sekitar 1 mA.

Sedangkan rangkaian didepannya yaitu TL072 akan membuat output 0V dari output rangkaian LMC6001 menjadi 700 mV. Sehingga pada output 0V atau pH netral output pengkondisi sinyal pH adalah 700 mV dan dapat langsung didisplaykan.

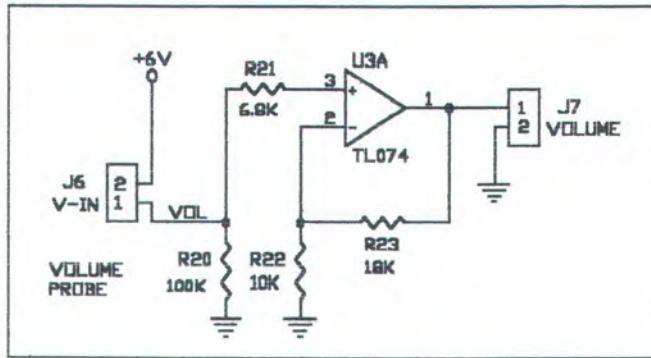
Untuk keperluan input dari kontroler fuzzy, output dari pengkondisi sinyal pH yaitu 0 – 1400 mV harus diubah rangenya agar memenuhi range input dari fuzzy yaitu 0 – 5 volt. Dengan demikian sinyal pH ini harus dikuatkan dengan penguatan $5 : 1,4 = 3,57$ kali. Untuk itu ditambahkan sebuah penguat non-inverting dengan penguatan yang dapat diatur sedemikian hingga sesuai kebutuhan. Output pada PH-ACT inilah yang dimasukkan sebagai input kontroler fuzzy.



Gambar 4.5 Rangkaian pengkondisi sinyal pH untuk input fuzzy

4.2.4 Pendeteksi Ketinggian Cairan

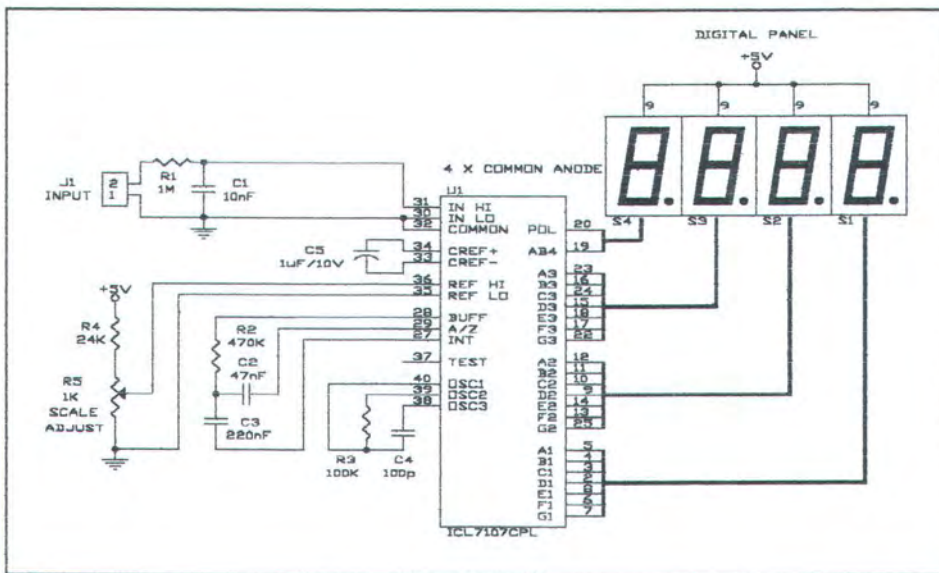
Rangkaian pendeteksi ketinggian cairan dirancang untuk dihubungkan dengan transduser dua batang logam sejajar yang ditempatkan pada level ketinggian cairan maksimum yang dikehendaki. Dalam keadaan cairan belum maksimum kedua logam mengalami hubungan terbuka (*open*) sehingga kedua input op-amp berada pada level ground, dengan demikian output VOLUME adalah 0 volt. Sedangkan bila cairan maksimum, kedua batang besi ini terendam dalam cairan maka akan bertindak sebagai pull-up resisten yang menyebabkan input + menjadi tertarik kearah VCC. Perbedaan tegangan ini dikuatkan sehingga VOLUME saturasi.



Gambar 4.6 Rangkaian Pendeteksi ketinggian cairan

4.2.5. Display Seven Segment

Bagian ini diperlukan untuk mengubah besaran tegangan analog dari sensor viskositas dan setting input menjadi data digital dan ditampilkan dengan peraga led seven segment. ADC yang digunakan adalah MAX7107 yang memiliki resolusi 8 bit dengan output langsung menggerakkan empat buah led seven segment yang menampilkan nilai maksimum $3 \frac{1}{2}$ digit segment. Jadi nilai yang ditampilkan akan berada dari nilai 000 sampai maksimum 1999. Tegangan maksimumnya dapat diset pada skala 200 mV atau 2 V. Berdasarkan data sheet dari MAXIM $3 \frac{1}{2}$ Digit A/D Converter, untuk mendapatkan skala maksimum sebesar 2 Volt maka ditentukan auto zero capasitor sebesar 0,0047uF, integrating resistor sebesar 470 kOhm dan untuk mengatur tegangan referensi agar mencapai 1 V digunakan potensiometer 1k Ohm. Dengan tegangan referensi sebesar 1 V akan dicapai skala maksimum dua kali tegangan referensi yaitu 2 V yang ditampilkan dengan $3 \frac{1}{2}$ digit led seven segment menjadi sebesar 1,999 V.

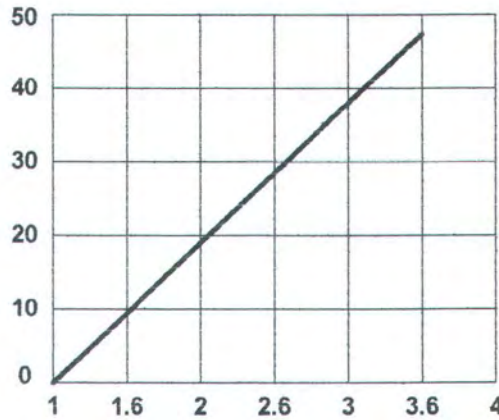


Gambar 4.7 Rangkaian Lengkap Display

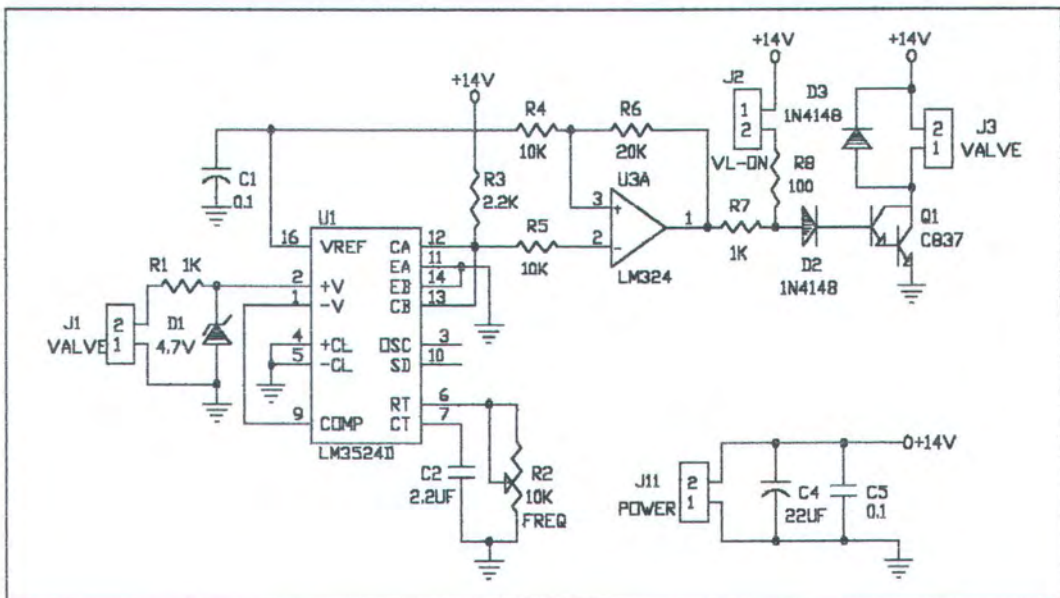
4.2.6. Driver Katub/Solenoid Valve

Penambahan unsur asam dan basa (titrasi) pada sistem diatur dengan pengaktifan katub untuk membuka atau menutup valve. Rangkaian pengaktif valve secara lengkap seperti pada gambar. Kecepatan buka tutup dari valve ditentukan oleh IC PWM tipe LM3524 buatan National Semikonduktor. IC ini dilengkapi dengan pengaturan frekuensi dan duty cycle. Pengaturan frekuensi buka tutup valve ditentukan oleh R2 dan C2. Untuk mendapatkan periode buka tutup sekitar 1 detik maka digunakan $C2 = 2,2\mu F$ dengan resistor variabel $R2 = 1\text{ M ohm}$.

Pengaturan duty cycle menentukan lamanya valve membuka dalam satu periode. Ini menentukan banyaknya titrasi yang dilakukan dalam selang waktu tertentu. Duty cycle diatur dengan memberikan input tegangan yang ditentukan oleh output valve pada fuzzy. Hubungan antara tegangan yang diberikan dengan duty cycle dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 4.8. Hubungan tegangan input dengan duty cycle



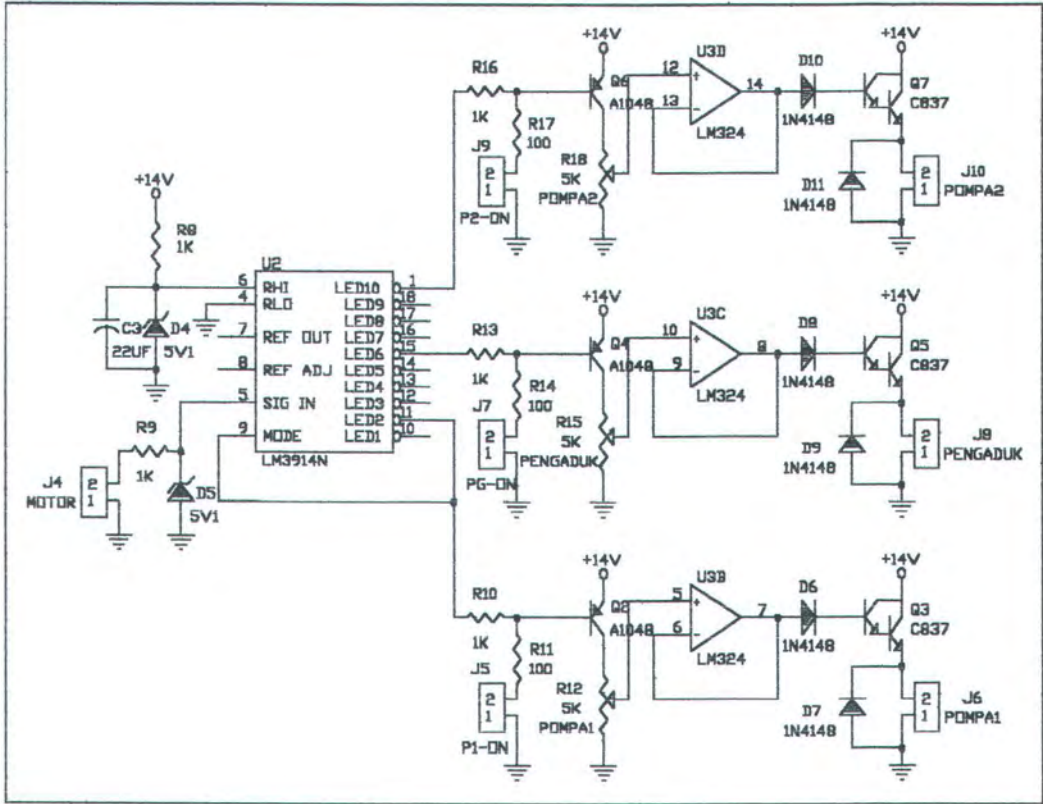
Gambar 4.9 Driver katub/Solenoid valve

Output dari LM3524 ini berbanding terbalik dengan tegangan pengontrolnya dimana, bila duty cycle maksimum pada tegangan 0 v dan minimum pada tegangan 4 volt. Sehingga perlu suatu rangkaian pembalik agar menjadi sebanding. Untuk itu ditambahkan sebuah komparator membalik.

4.2.7 Driver Motor pengaduk

Fungsi pengaduk larutan adalah untuk mempercepat proses titrasi yang dilakukan. Rangkaian driver motor pengaduk larutan ini terdiri dari rangkaian transistor sederhana sebagai penguat tegangan dan penguat arus. Rangkaian transistor tersebut berfungsi sebagai saklar yang mengaktifkan dan mematikan motor pengaduk larutan.

4.2.8 Driver Motor Pengisi dan Penguras



Gambar 4.10 Driver motor pengaduk, penguras dan pengisi

Karena hanya tersisa satu output saja pada modul fuzzy, maka untuk menggerakkan motor pengisi, pengaduk, dan penguras, dibuatkan suatu pendeteksi

level tegangan analog. Level tegangan tertentu digunakan untuk mengaktifkan motor tertentu. Untuk keperluan ini digunakan IC LM3914 buatan National Semiconductor yang memiliki fungsi spesial sebagai penentu level tegangan karena berisi 10 buah komparator monolitik sehingga membagi input menjadi 10 level.

Dengan tegangan referensi (pin 6) sebesar 5 volt maka beda tegangan masing-masing level adalah $5 : 10 = 0,5$ volt. Dengan demikian motor pengisi dapat diaktifkan bila tegangan input 1 volt, motor pengaduk aktif pada tegangan input 3 volt dan motor penguras aktif bila tegangan input 5 volt.

4.2.9 Rangkaian Setting PH

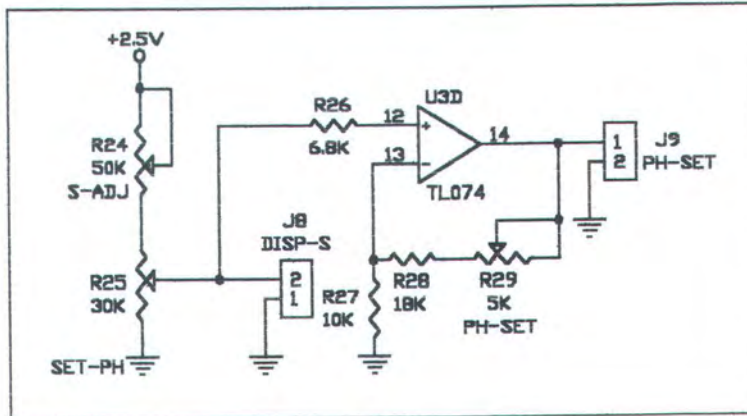
Untuk menentukan nilai setting pH yang ditetapkan, maka modul NLX220 diberi sinyal setting berupa tegangan analog. Tegangan analog yang dimasukkan dibuat berada dalam nilai 0V – 1,4 V mewakili pH 0 – 14

Untuk mendapatkan pembagian tegangan dengan resolusi yang tinggi dan presisi digunakan potensiometer multiturn. Dipasaran nilai yang tersedia hanya 30 kOhm maka dibuat rangkaian pembagi tegangan agar mendapatkan output tegangan dari 0V – 1,4 V dari tegangan +2.5 V dengan analisa sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R2 &= 30K \\
 2,5 &= I (R1 + 30K) \\
 1,4 &= I (30K) \\
 2,5 (30K) &= 1,4 (R1 + 30K) \\
 1,4 (R1) &= (2,5 - 1,4) (30K) \\
 R1 &= 23,57K
 \end{aligned}$$

Dipilih harga terdekat dipasaran :

$R1 = 24K$ atau variabel resistor $50K$



Gambar 4.11 Rangkaian setting pH

Untuk input display dapat langsung dihubungkan ke modul display. Sedangkan ke modul fizzy maka sebagaimana pH action, pH seting juga dikuatkan guna mendapatkan range 0 – 5 volt. Untuk itu ditambahkan penguat non-inverting dengan penguatan $5 : 1,4 = 3,75$ kali.

4.3. Perencanaan Perangkat Lunak

Pada bagian ini akan dilakukan perancangan perangkat lunak berbasis fuzzy logic sesuai kebutuhan dari sistem ini. Untuk itu diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menentukan masukan dan keluaran dan sifat dari masukan dan keluaran itu, apakah merupakan umpan balik atau tidak.
- Membuat variabel fuzzy sesuai dengan masukan yang ada.

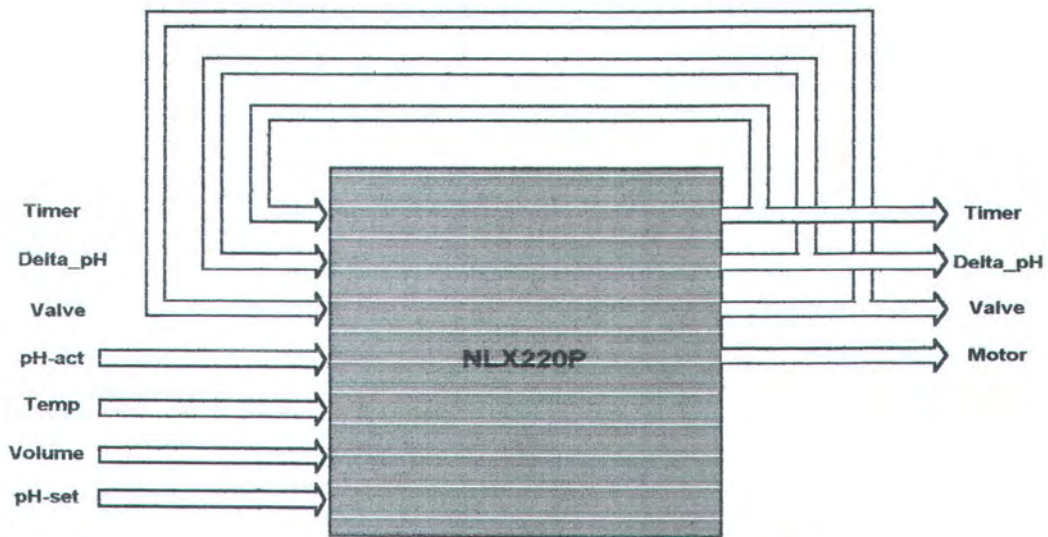
- Membuat himpunan aturan fuzzy (rule sets)
- Membuat file masukan yang akan dipergunakan untuk mensimulasi proses fuzzy.
- Mensimulasi Fuzzy model yang telah dibuat

4.3.1 Input dan Output

NLX220 mempunyai 4 port masukan analog yang dapat dihubungkan dengan peralatan luar, empat input internal sebagai umpan balik dari keluaran, dan 4 port keluaran.

Dalam tugas akhir ini digunakan keempat masukan NLX220, yaitu pH-act, Temp, Volume dan pH-Set. Masukan yang digunakan disambungkan dengan rangkaian supervisi untuk memperoleh sinyal input yang sesuai.

Empat keluaran dari NLX220 semuanya dipakai, dengan 3 diantaranya diumpanbalikkan ke masukan. Gambar 4.6 menunjukkan diagram masukan keluaran pada modul NLX220.



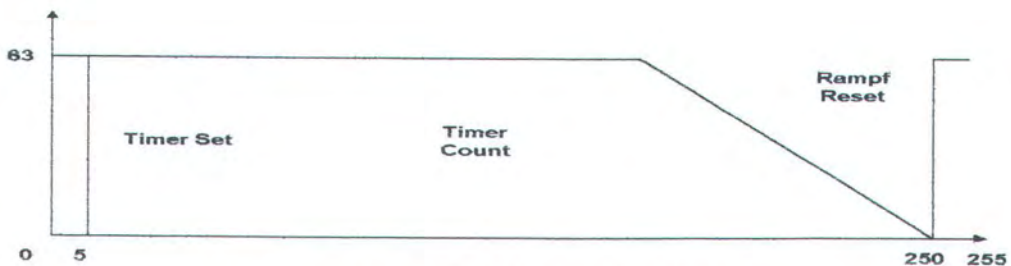
Gambar 4.12 Diagram masukan keluaran pada NLX220

4.3.2. Membership Function

Membership function untuk input membagi range input data 0 – 5V menjadi 0 – 255. Berdasarkan data-data baik dari referensi-referensi maupun dari pengetesan langsung dari parameter input, maka dapat dibuat membership function untuk input sebagai berikut :

1. MF untuk Interval Timer (Timer)

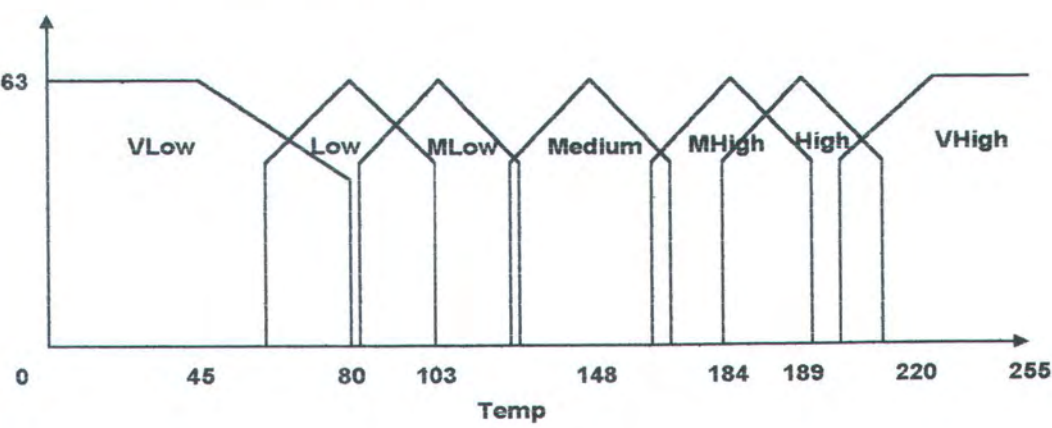
Ada tiga kondisi yang terjadi disini yaitu Timer Set, Timer Count dan Timer Reset.



Gambar 4.13 Membership function dari Timer.

2. MF untuk tempratur sistem (Temp).

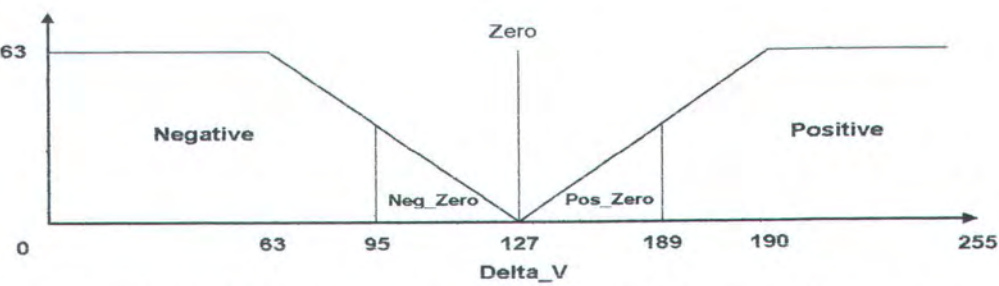
Membership function tempratur memiliki 7 anggota yaitu VLow, Low, MLow, Medium, MHigh, High dan VHigh. Range tempratur yang telah siap dari pengkondisi sinyal adalah 0 – 5 V dengan batas bawah $-40^{\circ}\text{C} = 0\text{V}$ (0) dan batas atas $+60^{\circ}\text{C} = 5\text{V}$ (255).



Gambar 4.14 Membership function dari Suhu (Temp).

3. MF untuk perubahan pH (Delta_pH).

Membership Delta_pH memiliki 5 anggota yaitu Zero, Negative, Neg_Zero, Pos_Zero dan Positive.



Gambar 4.15 Membership function dari selisih tegangan (Delta_pH)

4. MF untuk fungsi buka-tutup valve



Gambar 4.16 Membership Function dari katub (Valve)

Dari proses perancangan diatas, selanjutnya dibuatlah aturan-aturan fuzzy (fuzzy rules) untuk mengatur proses dari sistem. Aturan fuzzy untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

4.3.3 Variabel Fuzzy

Variabel-variabel fuzzy dibagi menjadi :

1. Timing (Timer)

- Timer is Set (5, 0 , Left Inclusive)
- Timer is Count (250, 63 , Left Inclusive)
- Timer is Reset (255, 0 , Right Inclusive)

2. Deteksi suhu sistem (Temp)

- Temp is VLow (45, 35 , Left Inclusive)
- Temp is Low (80, 25 , Symmetric Inclusive)
- Temp is MLow (103, 24 , Symmetric Inclusive)
- Temp is Medium (148, 24 , Symmetric Inclusive)
- Temp is MHigh (184, 24, Symmetric Inclusive)

- Temp is High (200, 25 , Symmetric Inclusive)
- Temp is Vhigh (200, 31, , Right Inclusive)

3. Deteksi perubahan pH (Delta_pH)

- Delta_pH is Negatif (45, 35 , Left Inclusive)
- Delta_pH is NegZero (80, 35 , Symmetric Inclusive)
- Delta_pH is Positiv (189, 31 , Right Inclusive)
- Delta_pH is PosZero (138, 31 , Symmetric Inclusive)

4. Deteksi volume

- Volume is Full (127, 0, Left Exclusive)
- Volume is Empty (127, 0, Right Exclusive)

5. Valve / katub

- Valve is Fast (255, 0, Symmetric Inclusive)
- Valve is Quick (150, 0, Symmetric Inclusive)
- Valve is Normal (50, 0, Symmetric Inclusive)
- Valve is Slow (10, 0, Symmetric Inclusive)
- Valve is Trickle (5, 0, Symmetric Inclusive)

6. pH sistem

- pH_act is MoreBase (pH_set, 25, Left Exclusive)
- pH_act is MoreAcid (pH_set, 25, Right Exclusive)
- pH_act is Equal (pH_set, 5, Symmetric Inclusive)
- pH_act is LittAcid (pH_set, 5, Right Exclusive)
- pH_act is LittBase (pH_set, 5, Left Exclusive)

- pH_act is Vacid (pH_set, 50, Right Exclusive)
- pH_act is Vbase (pH_set, 50, Left Exclusive)
- pH_act is NotEqual (pH_set, 5, Symmetric Inclusive)

4.3.4. Rules

Detail Rulanya adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan waktu dengan timer (Timer)

If Timer is Set then Timer + 1

If Timer is Count then Timer + 1

If Timer is Reset then Timer = 0

2. Penentuan Delta_pH

If Timer is Set then Delta_pH = pH_act

If Timer is Count then Delta_pH – Delta_pH

If Timer is Reset then Delta_pH = Delta_pH

3. Pengaturan aksi Valve

If pH_act is Equal and Delta_pH is Zero then Valve = 0

If pH_act is Equal and Delta_pH is Pos_Zero then Valve – 5

If pH_act is Equal and Delta_pH is Positif then Valve = 10

If pH_act is LittAcid and Delta_pH is Zero then Valve – 20

If pH_act is LittAcid and Delta_pH is Pos_Zero thenVvalve = 20

If pH_act is LittAcid and Delta_pH is Positif then Valve = 10

If pH_act is MoreAcid and Delta_pH is Zero then Valve = 20

If pH_act is MoreAcid and Delta_pH is Pos_Zero then Valve = 30

If pH_act is MoreAcid and Delta_pH is Positif then Valve = 50

If pH_act is Vacid then Valve = 0

If pH_act is Vbase then Valve = 0

If pH_act is MoreBase then Valve = 0

If pH_act is LittBase then Valve = 0

If Delta_pH is Negatif then Valve = 0

If Delta_pH is Neg_Zero then Valve = 0

4. Pengaturan aksi Motor

If Volume is Empty and pH_act is NotEqual then Motor = 50

If Volume is Full and pH_act is Equal then Motor = 255

If Volume is Full and pH_act is NotEqual then Motor = 180

BAB V

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Sebelum tugas akhir ini dijalankan sebagai sebuah sistem, maka perlu dilaksanakan pengujian untuk tiap bagian sistemnya dan selanjutnya dilakukan kalibrasi dan pengukuran terhadap alat yang direncanakan.

5.1. Pengujian Alat

Pengujian dilakukan sebagai cara untuk mengetahui alat bekerja dengan baik atau tidak, menguji fungsi-fungsi yang telah direncanakan serta mengetahui kinerjanya.

Pengujian dilakukan pada modul yang telah dibuat, yaitu

- Modul Pengkondisi Sinyal
- Modul ADC/display
- Modul Supervisi
- Modul Aktuator

Pengujian modul pengkondisi sinyal meliputi pengujian modul pengkondisi sinyal pH, suhu, dan pendeteksi volume. Yaitu dengan menguji penguat yang berfungsi sebagai pengikut tegangan dan pengubah level (rangkaian penjumlah).

Pengujian modul ADC/display adalah dengan mengeset tegangan referensi pada harga tertentu, kemudian menerapkan tegangan masukan pada ADC/display tersebut dan melihat hasilnya.

Pengujian modul fuzzy logic controller dilakukan dengan membuat sebuah rule fuzzy model sederhana yang akan mengeluarkan sinyal pada keluaran. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada osiloskop.

Pengujian modul aktuator dilakukan dengan memberikan tegangan input yang bervariasi dari modul PWM. Sedangkan modul motor pengaduk dan pengisi serta penguras dilakukan dengan memberikan tegangan sumber tertentu.

5.2. Kalibrasi dan Pengukuran

5.2.1. Suhu

Pengukuran dan kalibrasi pada suhu ruangan menggunakan sensor suhu LM35. Hasil pengukuran dibandingkan dengan suatu termometer air raksa yang presisi. Hasil dapat dilihat pada tabel.

Kalibrasi dilakukan pada suhu kamar yaitu 26 °C, selanjutnya keluaran pengkondisi sinyal diukur dengan menggunakan multimeter digital. Sensor juga dimasukkan dalam air mendidih dengan suhu 100 °C kemudian keluaran diset pada 1 volt. Selain itu sensor dimasukkan dalam air es untuk mendapatkan pembacaan pada suhu mendekati nol.

Dari hasil pengukuran diatas terdapat kesalahan-kesalahan yang terjadi disebabkan oleh ketidaklinieran transduser LM35, kesalahan dalam membaca skala termometer gelas, kesalahan multimeter digital.

Tabel 5.1 Pengukuran suhu

No	Termometer gelas ($^{\circ}\text{C}$)	Keluaran modul (mV)	Error (%)
1	26	259	0,38
2	1	11	10
3	15	153	2
4	28	279	0,36
5	30	302	0,67
6	40	396	1
7	50	501	0,2
8	54	541	0,19
9	60	596	0,67
10	80	798	0,25

Sedangkan untuk melakukan koreksi terhadap pembacaan suhu, dilakukan beberapa pengukuran, seperti pada tabel 5.2.

Dari tabel 5.2 dapat dibuat grafik menggunakan regresi linier, dimana persamaan garis lurus regresi dari hasil pengukuran dapat dicari dengan rumus :

$$Y = mx + b$$

dimana

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Dengan n adalah banyak data, sedangkan x adalah suhu terukur oleh termometer, dan y adalah suhu yang terukur oleh transduser.

Tabel 5.2 Pengukuran suhu untuk kalibrasi transduser

Termo Meter	Suhu berdasar tegangan keluaran transduser							
	1	2	3	4	5	6	7	8
26	25,7	25,9	26,1	25,8	25,9	25,9	26,0	25,8
1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1
15	15,3	15,2	15,2	15,2	15,3	15,3	15,2	15,2
30	30,2	30,2	30,1	30,3	30,2	30,2	30,2	30,3
40	39,6	39,7	39,6	39,8	39,7	39,6	39,6	39,8
50	50,1	50,2	50,1	50,1	50,1	49,9	50,2	50,1
60	59,6	60,0	59,7	59,6	59,6	59,7	59,6	59,5
80	80,2	80,2	80,1	79,9	79,8	79,8	79,8	79,7

Sehingga persamaan garis linier dari hasil regresi adalah :

$$y = 0,9963x + 0,1098$$

5.2.2. pH

Pada pengukuran derajat asam dan basa menggunakan elektroda gelas, dimana setelah dimasukkan rangkaian pengkondisi sinyal, maka hasil keluarannya menggunakan beberapa sampel adalah :

Tabel 5.3. Pengukuran pH

Sampel	pHmeter	Hasil	Error (%)
Buffer pH 2.0	2,1	2,150	2,3
Buffer pH 4.0	4,0	4,055	5
Buffer pH 6.0	5,9	5,953	5
Buffer pH 7.0	6,9	7,012	1,6
Buffer pH 8.0	8,1	8,036	0,9
Buffer pH 9.0	8,9	9,010	1,2
Buffer pH 11.0	10,8	11,012	2

Sedangkan untuk melakukan koreksi terhadap pembacaan pH, dilakukan beberapa pengukuran, seperti pada tabel 5.4.

Dari tabel 5.4 dapat dibuat grafik menggunakan regresi linier, dimana persamaan garis lurus regresi dari hasil pengukuran dapat dicari dengan rumus :

$$Y = mx + b$$

dimana

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$
$$b = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Dengan n adalah banyak data, sedangkan x adalah pH terukur oleh termometer, dan y adalah pH yang terukur oleh tranduser.

Tabel 5.4 Pengukuran pH untuk kalibrasi elektroda gelas

pH terukur	pH berdasar tegangan keluaran elektroda gelas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
4,1	3,6	3,7	3,7	3,8	3,7	3,7	3,6	3,7
6,8	6,1	5,8	5,9	6,1	6,1	6,2	6,1	6,2
9,6	9,1	8,8	8,9	8,9	8,8	9,0	8,8	8,9

Sehingga persamaan garis linier dari hasil regresi adalah :

$y = 0,948x - 0,259$

Dari hasil pengukuran terdapat kesalahan yang disebabkan kesalahan pHmeter, penurunan mutu elektroda gelas.

Kemudian, agar hasil pengukuran dan kontroling terhadap pH dapat dilakukan secara maksimal, maka perlu dilakukan pengukuran tanggapan waktu (time response) dari sensor pH yang digunakan. Yaitu dengan mengukur macam-macam pH dari beberapa cairan, selajutnya diukur waktu yang dibutuhkan oleh pH meter tersebut untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat dengan menggunakan stopwatch. Seperti pada tabel 5.5 berikut ini

Tabel 5.5 Time Response Sensor pH

No	pH	Waktu
1	2,89	7 second
2	3,60	7 second
3	5,33	5 second

4	6,00	6 second
5	7,89	6 second
6	8,15	7 second
7	9,41	5 second

Dari tabel 5.5 terlihat bahwa respon waktu sensor pH pada saat pengukuran berbeda-beda, sehingga agar pengukuran dan pengontrolan dapat dilakukan secara akurat maka diambil waktu (time response) yang paling besar. Yaitu 7 second, dimana frekuensi PWM yang akan digunakan untuk mengontrol valve dibuat menjadi 1/7 second. Hal ini dimaksudkan agar valve bekerja apabila data akurat sudah terukur.

5.3. Pengujian modul Fuzzy Logic Controller NLX220

Pengujian modul Fuzzy Logic Controller NLX220 dilakukan dengan cara - cara sebagai berikut :

- Membandingkan antara variabel fuzzy, aturan fuzzy dengan file hasil kompilasi perangkat lunak (Insight) yaitu file dengan ekstension *.hex. Disini akan terlihat bagaimana perangkat lunak fuzzy diterjemahkan menjadi isi dari internal memori NLX220.
- Melihat respons dari sistem fuzzy dengan memberikan masukan - masukan sesuai dengan perancangan dan melihat hasil keluaran apakah sesuai dengan aturan fuzzy yang dibuat.

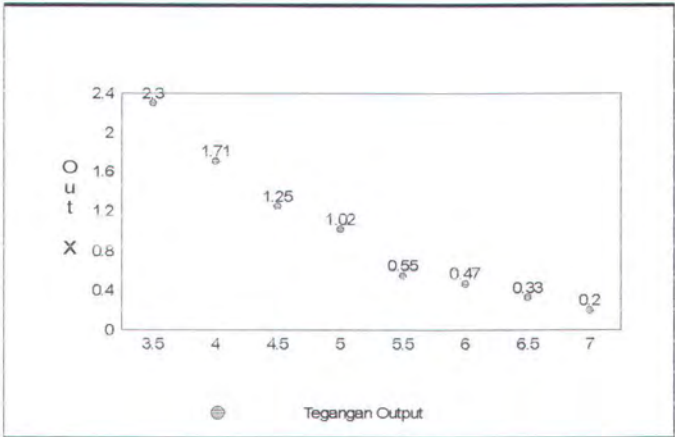
5.3.1. Respon Fuzzy Logic Controller terhadap masukan

Untuk mengetahui apakah sistem fuzzy logic controller berjalan dengan benar, yaitu apakah mempunyai respon yang benar terhadap masukan, maka sistem fuzzy logic tersebut diuji dengan memberikan masukan-masukan tertentu kemudian dilihat tegangan keluarannya. Tabel 5.5 dan tabel 5.6 merupakan hasil dari pengujian respon fuzzy logic controller terhadap perubahan masukan.

Tabel 5.6 Pengujian respon fuzzy logic controller terhadap masukan asam

Setting	Masukan			Tegangan aksi (OutX)		Out Y
	Tegangan	pH	Data	Data	Tegangan	Tegangan
7	1,25	3,5	64	120	2,3	0
7	1,43	4	73	88	1,71	0
7	1,61	4,5	82	64	1,25	0
7	1,79	5	91	52	1,02	0
7	1,96	5,5	100	28	0,55	0
7	2,14	6	110	24	0,47	0
7	2,32	6,5	119	19	0,37	0
7	2,5	7	128	10	0,2	0

Dari tabel tersebut dibuat grafik respon alat terhadap tegangan error, yaitu selisih antara tegangan setting dengan tegangan masukan.



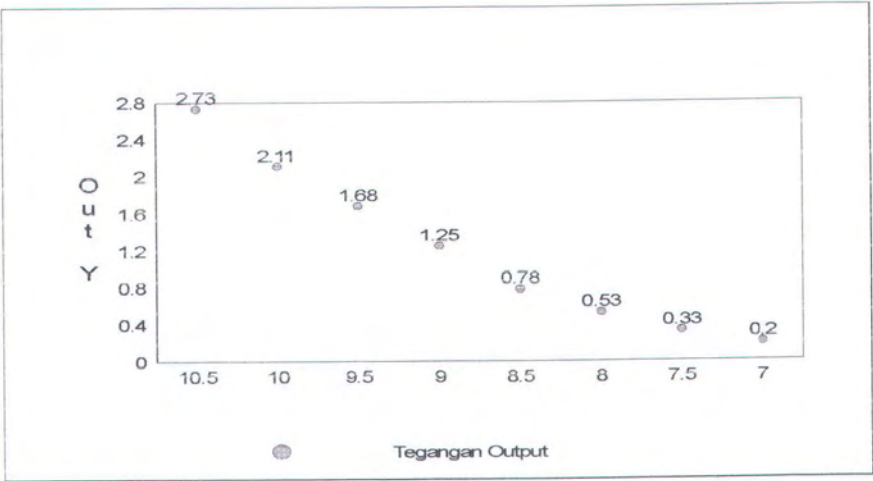
Gambar 5.1

Grafik Pengujian respon Fuzzy Logic Controller terhadap masukan asam

Tabel 5.7 Pengujian respon fuzzy logic controller terhadap masukan basa

Tegangan	Masukan			Tegangan aksi		Out X
Setting	Tegangan	pH	Data	Data	Tegangan	
7	3,75	10,5	192	140	2,73	0
7	3,57	10	183	108	2,11	0
7	3,39	9,5	174	86	1,68	0
7	3,21	9	164	64	1,25	0
7	3,03	8,5	155	40	0,78	0
7	2,86	8	146	28	0,53	0
7	2,68	7,5	137	17	0,33	0
7	2,5	7	128	10	0,2	0

Gambar 5.2 merupakan grafik perubahan aksi (respon) terhadap perubahan masukan asam.



Gambar 5.2

Grafik Pengujian respon Fuzzy Logic Controller terhadap masukan basa

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Sesudah melakukan pembahasan mulai dari bab-bab sebelumnya dalam tugas akhir ini, maka dapat dibuat kesimpulan:

- Dalam pembuatan alat yang mencakup akusisi data diperlukan pengetahuan yang cukup mendalam tentang karakteristik transduser yang digunakan, dengan demikian alat yang dibuat mampu memberikan informasi sebenar-benarnya.
- Dalam pembuatan sistem kontrol otomatis menggunakan logika fuzzy diperlukan pengetahuan yang mendalam tentang bagaimana sistem tersebut berperilaku, sebab dalam pembuatan aturan - aturan fuzzy selalu didasarkan pada pengalaman tentang suatu sistem. Pengalaman yang semakin banyak akan menjadikan kontrol fuzzy menjadi semakin optimal.
- Dalam perancangan sistem kontrol otomatis menggunakan kontroler logika fuzzy NLX220, diperlukan ketelitian yang tinggi, baik sewaktu dalam perancangan, sewaktu mengkompilasi hasil, maupun sewaktu pengujian coba. Sebaiknya dalam proses perancangan selalu diperiksa apakah hasil dari suatu bagian merupakan hasil yang betul-betul diinginkan perancang.
- Merancang sistem dengan menggunakan FLC NLX220, seyogyanya menguasai semua file yang berhubungan dengan proses, sebagai misal file rule (*.INS), file

masukan simulasi, maupun file hasil kompilasi dari Insight (*.HEX). Perancang harus selalu memeriksa kebenaran dari file-file tersebut.

- Pemilihan aktuator untuk merespon terhadap suatu perubahan sebaiknya dipilih secara hati-hati, sebab pemilihan aktuator yang kurang tepat atau kurang baik bisa menjadikan aksi pengubahan sistem yang keliru.

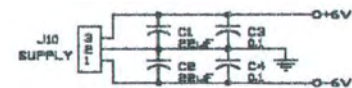
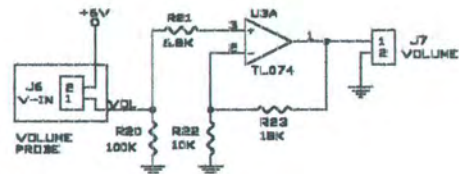
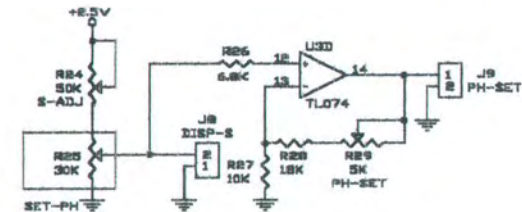
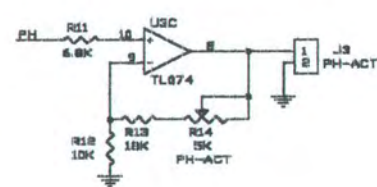
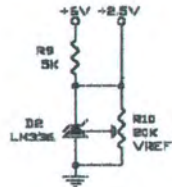
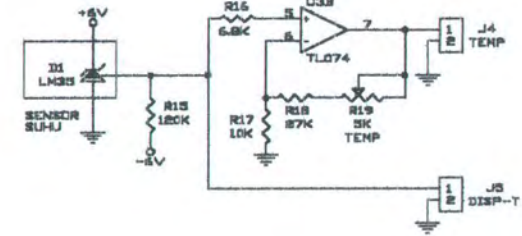
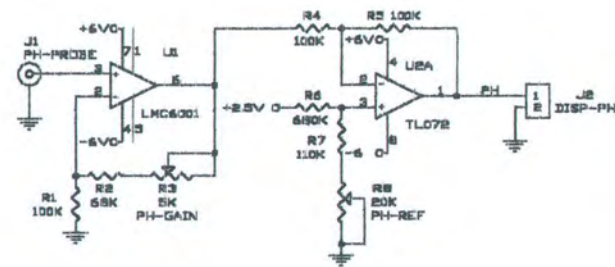
6.2 Saran-Saran

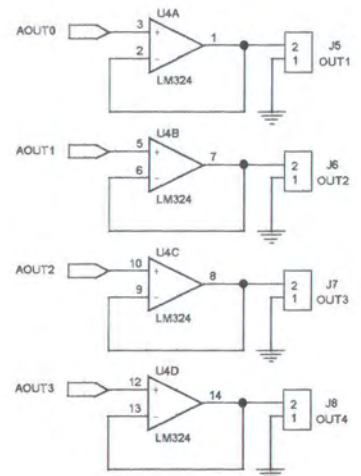
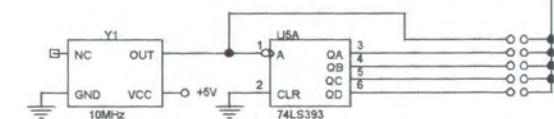
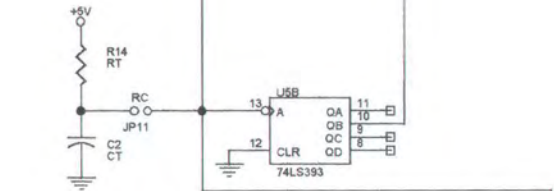
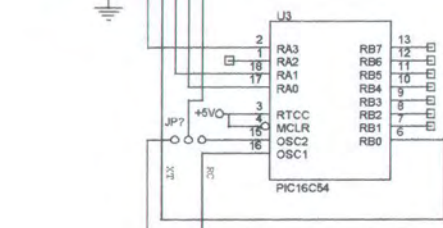
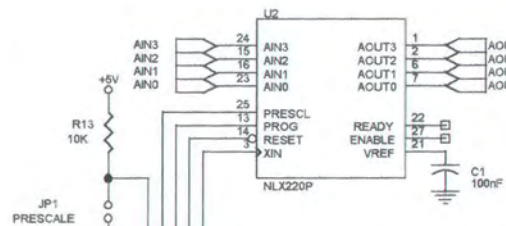
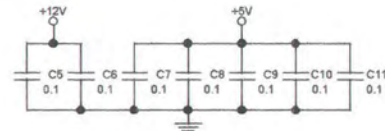
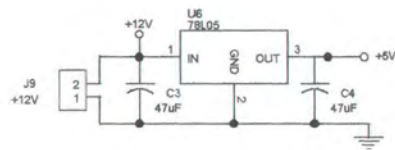
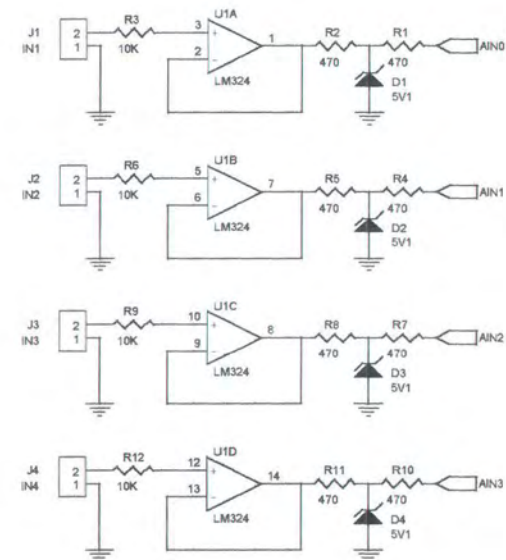
Saran-saran yang diharapkan dapat berguna untuk pengembangan dan penggunaan lebih lanjut dari tugas akhir ini adalah:

1. Diperlukan pengembangan sistem akuisisi data dan kontrol pH dengan menggunakan parameter masukan yang lebih luas menggunakan fuzzy logic controller.
2. Pengembangan rule dan variabel fuzzy sehingga dapat menciptakan suatu sistem yang lebih baik.
3. Penggunaan teknologi Jaringan Syaraf Tiruan yang digabung dengan teknologi fuzzy (NeuroFuzzy) untuk sistem yang lebih andal.

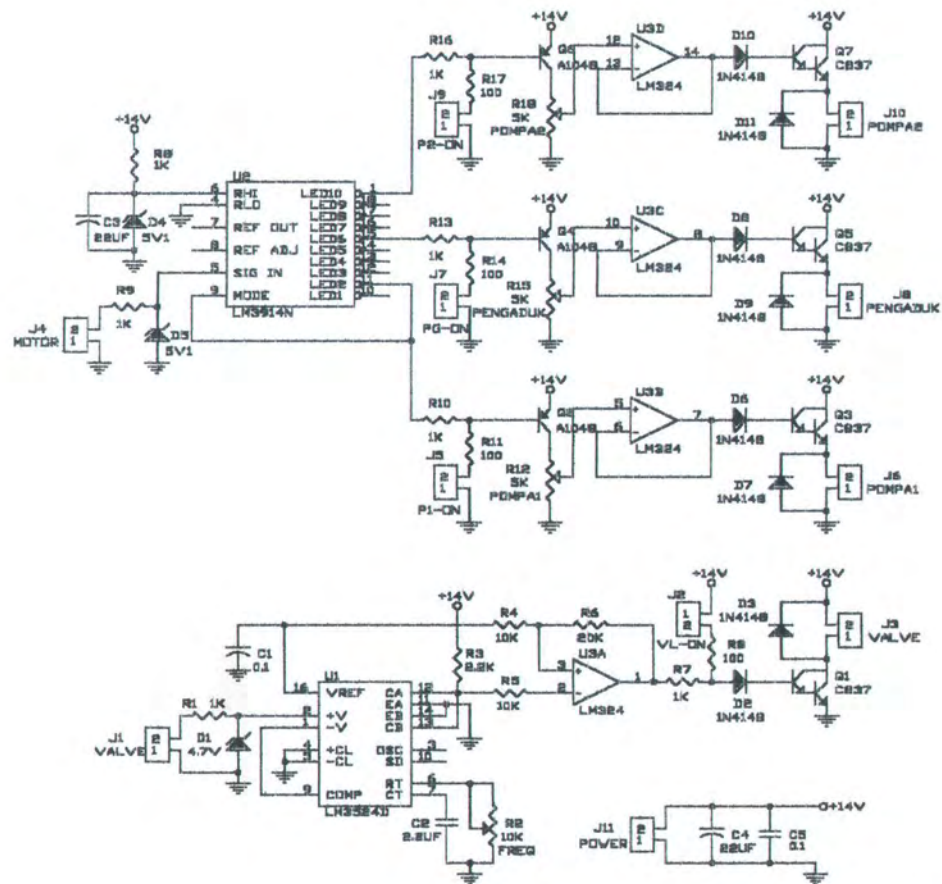
DAFTAR PUSTAKA

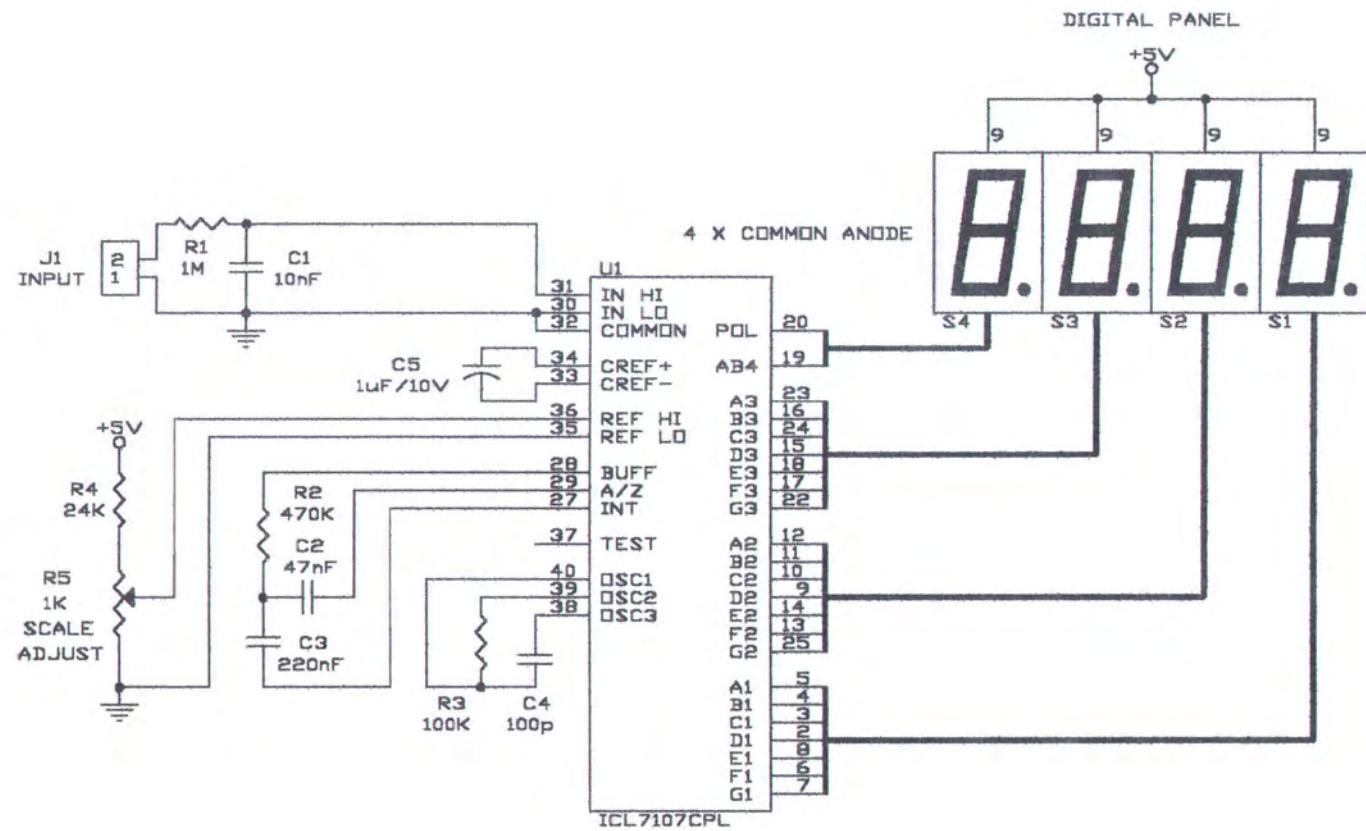
1. Carr, Joseph J., **Sensor And Circuit**, Englewood Cliffs, New Jersey, PTR Prentice Hall, 1994
2. Coughlin, Robert F. dan Driscoll, Frederick F., **Penguat Operasional Dan Rangkaian Terpadu Linear**, Institut Teknologi Wentworth, Diterjemahkan oleh Herman Widodo Soemitro, Jakarta, Penerbit Airlangga, 1992
3. Jamshidi, Mohammad dan Vadić, Nader dan Ross, Timothy J., **Fuzzy Logic and Control, Software and Hardware Applications**, Prentice Hall, 1993
4. Jones, E.B., **Jones' Instrument Technology Vol. 2**, London, Butterworths, 1985
5. Jun Yan, Michael Ryan, dan James Power, **Using Fuzzy Logic**, Prentice Hall, 1994
6. National Semiconductor, **1995 National Data Acquisitions Databook**, USA, National Semiconductor, 1995
7. NeuroLogix, **NLX220 Data Sheet**, American NeuroLogix, Inc
8. Steeman, J.P.M., **Data Sheet Book 2**, Netherlands, Elektuur B.V., Jakarta, P.T. Elex Media Komputindo, 1994
9. -----, **"FUZZY LOGIC '95"**, Proceedings 1995 Fuzzy Logic Seminar, November 1995
10. -----, **ICL7107 Data Sheet**, Sunnyvale, Maxim Integrated Product, 1993





- 10MHz JP2
- 5MHz JP3
- 2.5MHz JP4
- 1.25MHz JP5
- 625KHz JP6





BIO DATA



Endah S. Ningrum dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 12 Januari 1975, putri tunggal dari M. Mujib dan Widyastutie yang kini berdomisili di Jl. Gunung sari II/9 Surabaya

Riwayat pendidikan penulis adalah sebagai berikut:

- Tahun 1987 : Lulus SD Putra Wijaya III Surabaya
- Tahun 1990 : Lulus SMP Negeri 16 Surabaya
- Tahun 1993 : Lulus SMA Negeri 4 Surabaya
- Tahun 1993 : Diterima di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS dengan
NRP.293.220.2148 melalui program UMPTN

Selama berkuliah di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS penulis aktif sebagai Asisten praktikum Rangkaian Listrik, Elektronika dan Elektronika Lanjutan II di Laboratorium Bidang Studi Elektronika serta Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro ITS Surabaya